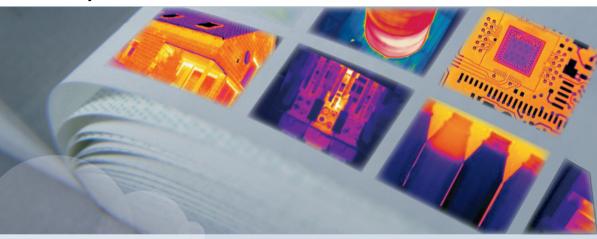


Руководство пользователя



FLIR ix series

Publ. No.	T559733_ru-RU
Revision	a571
Language	Russian (RU)
Issue date	November 4, 2011

Руководство пользователя





Ограниченная гарантия

На все изделия, изготавливаемые FLIR Systems, действует гарантия в отношении дефектов материалов и изготовления в течение одного (1) года с момента доставки первоначатьной покупки при условии, что такие изделия хранились, эксплуатировались и обслуживались в нормальных условиях и в соответствии с инструкциями FLIR Systems.

Компания FLIR Systems гарантирует, что изготавливаемые ею неохлаждаемые ручные инфракрасные камеры не будут иметь дефектов материалов и изготовления в течение двух (2) лет со дня доставки первоначальному покупателю, при условии, что изделия находились в нормальных условиях хранения, использования и обслуживания в соответствии с инструкцией FLIR Systems, и при условии, что камера была зарегистрирована в течение 60 дней с момента первоначальной покупки.

Компания FLIR Systems гарантирует, что изготавливаемые ею детекторы для неохлаждаемых ручных инфракрасных камер не будут иметь дефектов материалов и изготовления в течение десяти (10) лет со дня доставки первоначальному покупателю, при усповии, что изделия находились в нормальных условиях хранения, использования и обслужавния в соответствии с инструкцией FLIR Systems, и при условии, что камера была зарегистрирована в течение 60 дней с момента первоначальной покупки.

Изделия, не произведенные FLIR Systems, но включенные в состав систем, поставляемых компанией FLIR Systems первоначальному покупателю, имеют гарантию, если таковая предусматривается, лишь конкретного поставщика. Компания FLIR Systems не несет ни-какой ответственности за такие изделия.

Настоящая гарантия распространяется лишь на первоначального покупателя и не подлежит передаче. Она не распространяется на любое изделие, которое неправильно эксплуатировалось, подвергалось неправильному обращению, пострадало при происшествии или работало в недопустимом режиме. Данная гарантия не распространяется на расходуемые материалы и детали разового применения.

В случае возникновения в изделии неисправности, на которую распространяется эта гарантия, изделие не должно дальше эксплуатироваться для предотвращения дополнительного повреждения. Покупатель должен незамедлительно известить компанию FLIR Systems относительно любой неисправности, в противном случае данная гарантия теряет силу.

Компания FLIR Systems по своему усмотрению будет бесплатно ремонтировать или заменять любое такое неисправное изделие, если проверка покажет, что имеет место дефект в материале или некачественное изготовление, и при условии, что изделие возвращается компании FLIR Systems в течение указанного периода в один год.

Компания FLIR Systems не имеет никакого иного обязательства или обязанности, касающихся дефектов, кроме указанного выше.

Никакие другие гарантии не оговариваются и не подразумеваются. Компания FLIR Systems, в частности, не признает подразумеваемую гарантию пригодности для продажи и пригодности для конкретной цели.

Компания FLIR Systems не должна нести ответственности за любые прямые, косвенные, специальные, побочные или воспоследовавшие убытки, независимо от того, основываются ли они на соглашении, деликтном требовании или на любом ином правовом основании.

Действие настоящей гарантии определяется законодательством Швеции.

Любые споры, разногласия или требования, возникающие из или касающиеся настоящей гарантии, подлежат окончательному разрешению в арбитраже в соответствии с регламентом Арбитражного института Торговой палаты г. Стокгольма. Местом проведения арбитража является г. Стокгольм. Языком арбитражного производства является английский.

Авторское право

© 2011, FLIR Systems. Все права защищены по всему миру. Никакие части программного обеспечения, включая исходную программу, не могут быть воспроизведены, переданы, преобразованы или переведены на любой язык или на язык программирования в любой форме или любым способом – электронным, магнитным, оптическим, ручным или иным путем – без предварительного письменного разрешения со стороны компании FLIR Systems.

Настоящую документацию целиком или по частям запрещается копировать, фотокопировать, воспроизводить, переводить или передавать в любой электронный носитель или преобразовывать в вид, пригодный для машинного считывания, без предварительного письменного разрешения со стороны компании FLIR Systems.

Названия и знаки на изделии являются либо зарегистрированными товарными знаками или торговым марками компании FLIR Systems и/или ее филиалов. Все прочие торговые марки, торговые названия или названия компаний, на которые здесь имеются ссылки, используются лишь для идентификации и являются собственностью соответствующих владельцев.

Гарантия качества

Данные изделия разработаны и изготовлены в соответствии с требованиями системы управления качеством, аттестованной по стандарту ISO 9001.

Компания FLIR Systems. проводит политику постоянного совершенствования; в связи с этим мы оставляем за собой право вносить изменения и усовершенствования в любое из описанных в данной инструкции изделий без предварительного уведомления.

Патенты

Один или несколько из следующих патентов или патентов на промышленный образец относятся к продуктам и/или характеристикам, описанным в настоящем Руководстве:

0002258-2; 000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 000889290; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707787; 001776519; 0101577-5; 0102150-0; 0200629-4; 0300911-5; 0302837-0; 1144833; 1182246; 1182620; 1188086; 1285345; 1287138; 1299699; 1325808; 1336775; 1365299; 1402918; 1404291; 1678485; 1732314; 200530018812.0; 2008301436363.7; 2106017; 235308; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 518836; 60004227.8; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 75530; 7667198; 7809258; 7826736; D540838;

D549758; D579475; D584755; D599,392; D16702302-9; D16703574-4; D16803572-1; D16803853-4; D16903617-9; DM/057692; DM/061609; ZL00809178.1; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL200830128581.2; ZL200930190061.9

EULA Terms

- You have acquired a device ("INFRARED CAMERA") that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates ("MS"). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and "online" or electronic documentation ("SOFTWARE") are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT ("EULA"), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).
- GRANT OF SOFTWARE LICENSE. This EULA grants you the following license:
 - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
 - NOT FAULT TOLERANT. THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FUR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND MS HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
 - NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE. THE SOFTWARE is provided "AS IS" and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM. AND ARE NOT BINDING ON. MS.
 - No Liability for Certain Damages. EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, MS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MS BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.\$250.00).
 - Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly. You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
 - SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS. You may permanently transfer rights under this EULA only as part
 of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any
 transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
 - EXPORT RESTRICTIONS. You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see http://www.microsoft.com/exporting/.

Содержание

•	прод	прождонии	
2	Важн	ая информация для пользователей	Ę
3	Подд	ержка пользователей	7
4	Обно	вления документации	8
5	Важн	ое примечание относительно данного руководства	ç
6		одство по немедленному использованию	
0	Руков	одство по немедленному использованию	10
7	Спис	и деталей	12
	7.1	Комплект поставки	12
	7.2	Список аксессуаров	12
8	Детал	и камеры	15
9	Элем	энты дисплея	19
10	Kauu	екторы и носители информации	2-
10			
11	Испол	тызование камеры	
	11.1	Установка аккумулятора	23
	11.2	Зарядка аккумулятора	
	11.3	Сохранение изображения	
	11.4	Вызов изображения	
	11.5	Открытие архива изображений	
	11.6	Удаление изображения	
	11.7	Удаление всех изображений	
	11.8	Измерение температуры с помощью прицельной точки	
	11.9	Измерение температуры с помощью прицельной области	
		Маркировка всех областей выше или ниже заданного уровня температуры	
		Изменение цветовой палитры	
		Изменение настроек	
		Изменение режима настройки изображения	
		Настройка свойств поверхности	
		Изменение коэффициента излучения	
		Изменение видимой отраженной температуры	
		Сброс настроек камеры	
10			
12	Чистк 12.1	а камерыКорпус камеры, кабели и другие принадлежности	
	12.1		
	12.2	Инфракрасный объектив	
13	Town	Hooking Ballin in	4
13	техни 13.1	Ческие данные	
		Дополнительные данные	
14		ры	
	14.1	Камера (спереди)	49

	14.2	Камера (сбоку)	50
15	Прим	еры использования	51
	15.1	Повреждение при действии влажности и воды	
	15.2	Дефектный контакт в розетке	
	15.3	Окисление контактов розетки	
	15.4	Дефекты теплоизоляции	
	15.5	Сквозняк	
16	O KON	ипании FLIR Systems	56
	16.1	Не только камеры	58
	16.2	Мы делимся своими знаниями	58
	16.3	Техническая поддержка пользователей продукции	58
	16.4	Несколько фотографий с наших заводов	59
17	Глосо	рарий	61
	_		
18		ика термографических измерений	
	18.1	Вступление	
	18.2	Коэффициент излучения	
		18.2.1 Определение значения коэффициента излучения образца	
		18.2.1.1 Шаг 1: определение видимой отраженной температуры	
		18.2.1.2 Шаг 2: определение коэффициента излучения	
	18.3	Видимая отраженная температура	
	18.4	Расстояние	
	18.5	Относительная влажность	
	18.6	Другие параметры	71
19	Истор	рия инфракрасной технологии	72
20	Teopy	ия термографии	77
	20.1	Вступление	
	20.2	Спектр электромагнитного излучения	
	20.3	Излучение черного тела	
	20.0	20.3.1 Закон Планка	
		20.3.2 Закон смещения Вина	
		20.3.3 Закон Стефана-Больцмана	
		20.3.4 Излучатели, не являющиеся черными телами	
	20.4	Полупрозрачные для инфракрасных лучей материалы	
21	Форм	ула для обработки результатов измерений	87
22	Табли	ицы коэффициентов излучения	94
	22.1	Список литературы	94
	22.2	Важное примечание по таблицам коэффициентов излучения	95
	22.3	·	95

1 Предупреждения

осторожно

- (Относится только к цифровым устройствам класса А.) Это оборудование генерирует, использует и может излучать энергию в радиодиапазоне и при установке и применении с нарушением инструкций по технической эксплуатации может создавать помехи для радиосвязи. Испытания показали, что оборудование соответствует требованиям, предъявляемым к вычислительной технике класса А и изложенным в подразделе Ј части 15 Правил FCC, которые обеспечивают достаточную защиту от таких помех при эксплуатации оборудования в коммерческой среде. Если это оборудование используется в жилой зоне, возникновение радиопомех весьма вероятно, и в этом случае пользователю придется обеспечить все необходимые меры по защите от радиопомех за свой счет.
- (Относится только к цифровым устройствам класса В.) Данное оборудование было протестировано и признанно соответствующим требованиям, предъявляемым цифровым устройствам класса В в соответствии с частью 15 норм FCC. Эти ограничения разработаны для обеспечения приемлемого уровня защиты от вредных помех в жилой зоне. Данное оборудование генерирует, использует и может излучать радиочастотную энергию и, если оно установлено и используется не так, как указано в данной инструкции, может вызывать вредные помехи при использовании радиосвязи. Однако нет никакой гарантии, что помехи не будут иметь место при конкретной установке. Если данное оборудование порождает помехи в работе радиоприемника или телевизора (что определяется путем включения/выключения данного оборудования), пользователь может попытаться устранить помехи одним из предложенных ниже способов:
 - Изменить ориентацию или местоположение приемной антенны.
 - Увеличить расстояние между оборудованием и приемником.
 - Подсоединить оборудование к розетке той электрической цепи, к которой не подключен приемник.
 - Проконсультироваться со своим поставщиком или опытным специалистом по радио/телевизионному оборудованию.
- (Относится только к цифровым устройствам, указанным в 15.19/RSS-210.)
 ПРИМЕЧАНИЕ: Данное устройство соответствует части 15 норм FCC и RSS-210 министерства промышленности Канады. Эксплуатация устройства должна выполняться при следующих двух условиях:
 - 1 данное устройство не должно производить вредные помехи, и
 - 2 данное устройство должно принимать любые помехи, включая помехи, вызываемые неправильной эксплуатацией.
- (Относится только к цифровым устройствам, указанным в 15.21.) ПРИМЕЧА-НИЕ: Изменения или модификации данного оборудования в прямой форме, не одобренные (название производителя), могут привести к отзыву разрешения FCC на эксплуатацию данного оборудования.
- (Относится только к цифровым устройствам, указанным в 2.1091/2.1093/ОЕТ Bulletin 65.) Информация о радиоизлучении: Излучаемая выходная мощность устройства намного меньше предельных значений разрешенного радиоизлу-

- чения по нормам FCC. Тем не менее устройство должно использоваться таким образом, чтобы при нормальной эксплуатации сократить воздействие на человека до возможного минимума.
- (Относится только к камерам с лазерным целеуказателем) Не смотрите прямо в направлении лазерного луча. Луч лазера может привести к раздражению органов зрения.
- Относится только к камерам с аккумулятором:
 - Запрещается разбирать аккумулятор или вносить изменения в его конструкцию. Аккумулятор снабжен устройствами защиты и обеспечения безопасности, при повреждении которых возможен перегрев аккумулятора, что может стать причиной возгорания или взрыва.
 - Если жидкость, вытекшая из аккумулятора, попала в глаза, ни в коем случае не следует тереть глаза. Хорошо промойте их водой и немедленно обратитесь за медицинской помощью. В противном случае аккумуляторная жидкость может стать причиной серьезных травм органов зрения.
 - Не рекомендуется продолжать зарядку аккумулятора, если он полностью не заряжается в течение времени зарядки, указанного в технической документации. Продолжение процесса зарядки может привести к перегреву аккумулятора, что может стать причиной возгорания или взрыва.
 - Используйте только рекомендуемые аппаратные средства для разрядки аккумулятора. Использование других, отличных от рекомендуемых, средств снижает эксплуатационные качества и сокращает срок службы аккумулятора. Если вы не используете предписанную аппаратуру, возможно протекание не соответствующего спецификации тока в цепи аккумулятора.
 Это может привести к перегреву аккумулятора, что может стать причиной взрыва и травм людей.
- Перед использованием каких-либо жидкостей вы должны внимательно прочесть указания по технике безопасности и предупреждающие надписи на упаковке. Некоторые жидкости опасны для здоровья.

ВНИМАНИЕ

- Не направляйте инфракрасную камеру (с установленной крышкой объектива или без нее) на мощные источники энергии, например на устройства, испускающие лазерное излучение, или на солнце. Это может привести к нежелательным изменениям точностных характеристик камеры. Возможно также повреждение детектора камеры.
- Не используйте камеру при температурах выше +50°С, если не указано иначе в документации для пользователей. Высокие температуры могут повредить камеру.
- (Относится только к камерам с лазерным целеуказателем) Если вы не пользуетесь лазерным целеуказателем, закройте его защитной крышкой.
- Относится только к камерам с аккумулятором:
 - Не крепите аккумуляторы непосредственно к автомобильному' прикуривателю без специального адаптера для подключения аккумуляторов к прикуривателю компании FLIR Systems.
 - Не соединяйте положительный и отрицательный полюса аккумулятора между собой посредством каких-либо металлических предметов (например, отрезком провода).
 - Не допускайте попадания на аккумулятор пресной или соленой воды и не подвергайте его воздействию влаги.

- Не протыкайте аккумулятор какими-либо предметами. Не стучите по аккумулятору молотком. Не наступайте на аккумулятор и не подвергайте его сильным ударам и тряске.
- Не помещайте аккумуляторы в огонь или рядом с ним, а также не подвергайте их воздействию прямых солнечных лучей. При повышении температуры аккумулятора срабатывает встроенное устройство защиты, которое может прекратить процесс его зарядки. Перегрев аккумулятора может привести к выходу из строя встроенного устройства защиты, что чревато дальнейшим повышением температуры, повреждением или возгоранием аккумулятора.
- Не добивайтесь повышения температуры аккумулятора с помощью огня или других источников тепла.
- Не помещайте аккумулятор в огонь, на плиту и другие высокотемпературные поверхности или рядом с ними.
- Не припаивайте ничего непосредственно к аккумулятору.
- Не используйте аккумулятор при наличии таких признаков, как необычный запах, высокая температура, деформации, изменение цвета и др., во время эксплуатации, зарядки или хранения аккумулятора. Свяжитесь с поставщиком при появлении одного или нескольких из указанных признаков.
- Для зарядки аккумулятора пользуйтесь только рекомендуемым зарядным устройством.
- Диапазон допустимых температур для зарядки аккумулятора: от ±0° С до +45° С, если не указано иначе в документации для пользователей. Проведение зарядки аккумулятора при температурах, выходящих за пределы этого диапазона, может вызвать перегрев или разрушение аккумулятора. Это может привести также к снижению эксплуатационных качеств и сокращению срока службы аккумулятора.
- Диапазон допустимых температур для разрядки аккумулятора: от −15°C до +50°C, если не указано иначе в документации для пользователей. Использование аккумулятора при температурах, выходящих за пределы этого диапазона, может привести к снижению эксплуатационных качеств и сокращению срока службы аккумулятора.
- Когда аккумулятор выработал свой ресурс, изолируйте его контакты клейкой лентой или подобными материалами перед утилизацией.
- Прежде, чем устанавливать аккумулятор, удалите с него следы воды и влаги.
- Не используйте растворители и подобные им жидкости для чистки камеры, кабелей или других принадлежностей. Это может привести к повреждениям.
- При чистке инфракрасного объектива соблюдайте особую осторожность.
 Этот объектив имеет тонкое просветляющее покрытие.
- Не прилагайте чрезмерных усилий при чистке инфракрасного объектива.
 Вы можете повредить просветляющее покрытие.
- При использовании в печах и других высокотемпературных применениях требуется установить на камеру теплозащиту. Использование при высокой температуре без теплозащиты может привести к повреждению камеры.

- (Относится только к камерам с автоматическим затвором, который можно отключить.) Не допускается отключение автоматического затвора на продолжительный период времени (как правило не более 30 минут). Отключение камеры на более длительный период времени может нарушить работу детектора или непоправимо повредить его.
- Характеристики герметизации действительны только если все отверстия камеры герметично закрыты соответствующими крышками, заслонками и колпачками. Это относится, помимо прочего, к отсекам для хранения данных, аккумуляторам и коннекторам.

2 Важная информация для пользователей

Соглашения по полиграфическому оформлению

В настоящем Руководстве использованы следующие соглашения по полиграфическому оформлению

- Полужирный шрифт используется для наименований меню, команд меню, а также для наименований значков и кнопок выбора в диалоговых окнах.
- Курсив используется в тексте для выделения важной информации.
- Молоsрасе используется для примеров кода.
- ВЕРХНИЙ РЕГИСТР используется для указания наименований клавиш и кнопок камеры.

Форумы пользователей

На наших форумах пользователей специалисты по термографии могут обмениваться идеями, обсуждать проблемы и их решения с коллегами со всего мира. Чтобы принять участие в работе форумов, посетите сайт:

http://www.infraredtraining.com/community/boards/

Калибровка

(Это замечание относится только к камерам со встроенными функциями измерения.)

Настоятельно рекомендуется не реже одного раза в год отправлять камеру на калибровку. Для получения сведений о пунктах технического обслуживания камеры обратитесь в местное торговое представительство.

Точность

(Это замечание относится только к камерам со встроенными функциями измерения.)

Чтобы обеспечить наилучшие результаты по точности, рекомендуется производить измерения температуры не ранее 5 минут после включения камеры.

Для камер с охлаждением детектора механическим охладителем в этот промежуток времени не входит время охлаждения детектора.

Утилизация электронного оборудования



Как и большинство электронных устройств, эта аппаратура должна быть утилизирована без нанесения вреда окружающей среде и в соответствии с существующими правилами по утилизации электронного оборудования.

Для получения дополнительной информации обращайтесь к своему представителю компании FLIR Systems.

Подготовка специалистов

Информацию о курсах обучения специалистов по инфракрасной технологии см. на сайте:

- http://www.infraredtraining.com
- http://www.irtraining.com
- http://www.irtraining.eu

3 Поддержка пользователей

Общее

Для получения поддержки посетите сайт:

http://support.flir.com

Задать вопрос

Чтобы задавать вопросы специалистам отдела поддержки пользователей, необходимо быть зарегистрированным пользователем. Регистрация через Интернет занимает всего несколько минут. Для самостоятельного поиска нужной информации в разделе вопросов и ответов регистрация не требуется.

При обращении с вопросом в отдел технической поддержки необходимо быть готовым представить следующую информацию:

- Модель камеры
- Заводской номер камеры
- Протокол или способ связи между камерой и компьютером (например, HDMI, Ethernet, USB™, или FireWire™)
- Операционная система, установленная на ПК
- Версию Microsoft® Office
- Полное наименование, номер публикации и редакцию Руководства пользователя

Загрузки

На сайте помощи клиентам можно загрузить следующее:

- Обновления встроенной программы для Вашей инфракрасной камеры
- Обновления программ для ПО Вашего ПК
- Документация для пользователей
- Истории заявок
- Технические публикации

4 Обновления документации

Общее

Наши руководства обновляются несколько раз в год. Мы также выпускаем на регулярной основе важные уведомления об изменениях в продукции.

Последние руководства и обновления приведены на вкладке Download по адресу:

http://support.flir.com

Регистрация через Интернет занимает всего несколько минут. В области загрузки вы также найдете последние выпуски руководств для других видов продукции, а также руководства по нашим историческим и более не выпускаемым видам продукции.

Бажное примечание относительно данного руководства

Общее

Компания FLIR Systems выпускает общие руководства, посвященные нескольким отдельным моделям камер, входящим в модельный ряд.

Это значит, что данное руководство может содержать описания и пояснения, которые не относятся к конкретной модели камеры.

ПРИМЕЧАНИЕ

Компания FLIR Systems оставляет за собой право в любое время прекращать выпуск моделей, деталей, ПО, дополнительного оборудования и принадлежностей или изменять характеристики без предварительного уведомления.

6 Руководство по немедленному использованию

Процедура

Выполните следующие действия, если вам требуется немедленно начать работу с камерой.

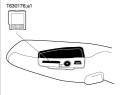
- 1 Удалите защитную пленку с поверхности ЖК-дисплея.
- 2 До первого использования камеры аккумулятор должен заряжаться в камере в течение не менее четырех часов (или пока индикатор заряда аккумулятора не загорится зеленым светом).

Зарядите аккумулятор, подключив питание к разъему питания в камере. Убедитесь, что для этого используется соответствующая вилка переменного тока.

Примечание: при первой зарядке нового заводского аккумулятора *нужно включить, а затем выключить камеру* после подключения питания к разъему питания в камере. Это необходимо для инициирования измерения батареи.



- 1 Индикатор зарядки аккумулятора
- 2 Шнур питания
- 3 Вставьте карту памяти miniSD™ в слот для карты.



4 Нажмите кнопку On/Off (вкл./выкл.) для включения камеры.

5 Нажав на рычаг, откройте крышку объектива.



- 6 Направьте камеру на изучаемый объект.
- 7 Нажмите кнопку Пуск для сохранения изображения.
- 8 Перенесите изображение на компьютер, выполнив одно из следующих действий:



- (рис. 1 вверху) Выньте из камеры карту памяти miniSD™ и вставьте ее в считывающее устройство, подключенное к компьютеру. Адаптер для карты памяти miniSD™ входит в комплект поставки камеры.
- (Рис. 2 вверху) Подключите камеру к компьютеру посредством кабеля USB™ Mini-B.
- 9 В Windows® Explorer перенесите изображение с карты памяти или из камеры, перетащив его при помощи мыши.

7 Списки деталей

7.1 Комплект поставки

- Аккумулятор (в камере)
- Сертификат калибровки
- Загрузка брошюры
- FLIR Tools CD-ROM
- Ручной ремень
- Жесткий транспортировочный контейнер (с висячим замком)
- Инфракрасная камера
- Блок питания / зарядное устройство с вилками по стандарту ЕС, Великобритании, США и Австралии
- Печатное Руководство по началу работы
- Печатное руководство с важной информацией
- Брошюра по обслуживанию и обучению
- USB-кабель
- Компакт-диск с документацией для пользователей
- Карта miniSD с адаптером для карты SD
- При обнаружении повреждений или отсутствия какого-либо из перечисленных предметов обратитесь в местное торговое представительство. Адреса и телефоны торговых представительств указаны на обратной стороне обложки настоящего руководства.
- Компания FLIR Systems оставляет за собой право в любое время прекращать выпуск моделей, деталей, дополнительного оборудования и принадлежностей или изменять характеристики без предварительного уведомления.

7.2 Список аксессуаров

- 1910423 кабель USB, станд. A <-> Mini-B
- ITC-CER-5101 Kypc ITC Thermography Course (1 уровень) посещение для одного человека
- ITC-CER-5105 Kypc ITC Thermography Course (1 уровень) посещение для одного дополнительного человека на объекте
- ITC-CER-5109 Kypc ITC Thermography Course (1 уровень) посещение для группы из 10 человек
- ITC-EXP-1001 ITC Training (1 день) посещение для одного человека
- ITC-EXP-1009 ITC Training (1 день) посещение для 10 человек
- ITC-EXP-1011 ITC Short course Introduction to thermography (1 день) посещение для одного человека
- ITC-EXP-1019 ITC Short course Introduction to thermography (1 день) посещение для 10 человек

- ITC-EXP-1021 ITC In-house training (в день) для одного дополнительного человека
- ITC-EXP-1029 ITC In-house training (в день) группа до 10 человек
- ITC-EXP-2001 ITC Training (2 дня) посещение для одного человека
- ITC-EXP-2009 ITC Training (2 дня) группа до 10 человек
- ITC-EXP-2011 ITC Short course building thermography (2 дня) посещение для одного человека
- ITC-EXP-2019 ITC Short course building thermography (2 дня) посещение для 10 человек
- ITC-EXP-2041 ITC Short course electrical thermography (2 дня) посещение для 1 человека
- ITC-EXP-2049 ITC Short course electrical thermography (2 дня) посещение для 10 человек
- ITC-EXP-2061 ITC Short course HVAC and plumbing (2 дня) посещение для 1 человека
- ITC-EXP-2069 ITC Short course HVAC and plumbing (2 дня) посещение для 10 человек
- ITC-EXP-3001 ITC Training (3 дня) посещение для одного человека
- ITC-EXP-3009 ITC Training (3 дня) группа до 10 человек
- ITC-PRA-2011 ITC Practical Course Solar panel inspection (2 дня) посещение для 1 человека
- ITC-PRA-2019 ITC Practical Course Solar panel inspection (2 дня) посещение для 10 человек
- ITC-SOW-0001 ITC Software course (в день) для одного человека
- ITC-SOW-0009 ITC Software course (в день) группа до 10 человек
- Т126024 сумка
- Т197410 батарея
- Т197619 твердый транспортировочный контейнер для іх
- Т197717 Профессиональный FLIR Reporter 8.5 SP3
- T197717L10 Профессиональный FLIR Reporter 8.5 SP3, 10 пользовательских лицензий
- Т197717L5 Профессиональный FLIR Reporter 8.5 SP3, 5 пользовательских лицензий
- T197778 FLIR BuildIR 2.1
- T197778L10 FLIR BuildIR 2.1, 10 пользовательских лицензий
- T197778L5 FLIR BuildIR 2.1, 5 пользовательских лицензий
- Т199806 Один год расширенной гарантии на серию іх
- Т199833 Общее обслуживание серии іх
- Т910711 блок питания / зарядное устройство с вилками по стандарту ЕС, Великобритании, США и Австралии

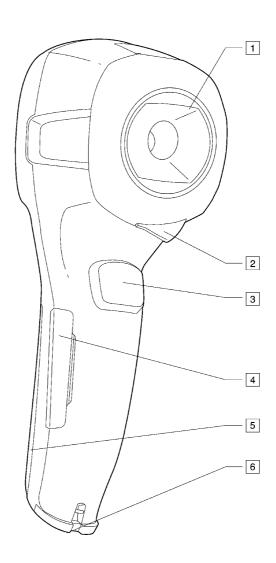
■ Т910737 Карта памяти микро-SD с адаптерами

- При обнаружении повреждений или отсутствия какого-либо из перечисленных предметов обратитесь в местное торговое представительство. Адреса и телефоны торговых представительств указаны на обратной стороне обложки настоящего руководства.
- Компания FLIR Systems оставляет за собой право в любое время прекращать выпуск моделей, деталей, дополнительного оборудования и принадлежностей или изменять характеристики без предварительного уведомления.

8 Детали камеры

Рисунок

10780903;a2



Объяснение

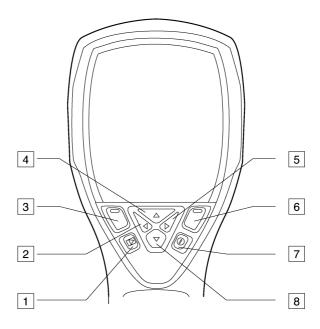
Таблица содержит пояснения к рисунку:

1 Инфракрасный объектив

2	Рычаг для открытия и закрытия крышки объектива
3	Пусковая кнопка для сохранения изображений
4	Крышка разъемов и слота для карты памяти miniSD™
5	Крышка аккумуляторного отсека
6	Точка крепления ручного ремня

Рисунок

10781003;a2



Объяснение

Таблица содержит пояснения к рисунку:

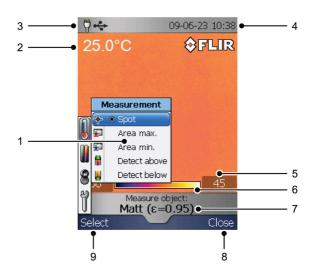
1	Кнопка Архив Функция: нажать для открытия архива изображений.
2	Кнопка со стрелкой влево (на навигационной панели) Функция: нажать для перемещения влево в меню, подменю и диалоговых окнах нажать для перемещения по архиву изображений
3	Левая кнопка выбора. Данная кнопка является контекстно-зависимой; текущая функция отображается над кнопкой на экране.
4	Кнопка со стрелкой вверх (на навигационной панели) Функция: Нажать для перемещения вверх в меню, подменю и диалоговых окнах. Нажать для отображения архива изображений (после нажатия кнопки Архив). Нажать для увеличения/изменения значения.

5	Кнопка со стрелкой вправо (на навигационной панели)
	Функция:
	 Нажать для перемещения вправо в меню, подменю и диалоговых окнах. Нажать для перемещения по архиву изображений.
6	Правая кнопка выбора. Данная кнопка является контекстно-зависимой; текущая функция отображается над кнопкой на экране.
7	Кнопка On/Off (вкл./выкл.) Функция:
	■ Нажать для включения камеры.
	Нажать и удерживать более одной секунды для выключения камеры.
8	Кнопка со стрелкой вниз (на навигационной панели)
	Функция:
	 Нажать для перемещения вниз в меню, подменю и диалоговых окнах. Нажать для уменьшения/изменения значения.

9 Элементы дисплея

Рисунок

10781203;a4



Объяснение

Таблица содержит пояснения к рисунку:

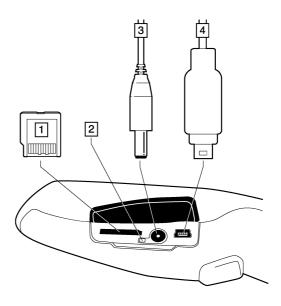
1	Система меню		
2	Результат измерения		
3	Индикатор питания		
	значок	Значение	
		Один из следующих: Камера работает от аккумулятора. Аккумулятор заряжается (показывается изображение заполняемого аккумулятора).	
	\(\tau \)	Аккумулятор полностью заряжен, и камера работает от источника питания.	
4	Дата и время		
5	Значение ограничения ш	калы температуры	

6	Шкала температуры
7	Установленные на текущий момент коэффициент излучения или свойства материалов
8	Текущая функция правой кнопки выбора
9	Текущая функция левой кнопки выбора

10 Коннекторы и носители информации

Рисунок

10780803;a1



Объяснение

Таблица содержит пояснения к рисунку:

1 Карта памяти miniSD™

Не рекомендуется сохранять более 5000 изображений на карте памяти $miniSD^{\tau_{M}}$.

Несмотря на то, что емкость карты памяти составляет более 5000 изображений, сохранение большего числа изображений значительно замедляет управление файлами на карте памяти miniSD $^{\text{TM}}$.

Примечание: на карте памяти miniSD™ отсутствует верхний предел объема памяти.

- 2 Индикатор зарядки аккумулятора:
 - Нет сигнала: источник питания не подсоединен.
 - Оранжевый сигнал: аккумулятор заряжается.
 - Зеленый сигнал: аккумулятор заряжен.
- 3 Шнур питания

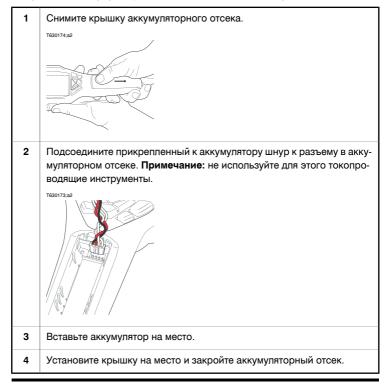
4 Кабель USB с разъемом USB Mini-B

11 Использование камеры

11.1 Установка аккумулятора

Процедура

Для установки аккумулятора необходимо выполнить следующие действия:



11.2 Зарядка аккумулятора

ПРИМЕЧАНИЕ

- До первого использования камеры аккумулятор должен заряжаться в камере в течение не менее четырех часов (или пока индикатор заряда аккумулятора не загорится зеленым светом).
- При первой зарядке нового заводского аккумулятора нужно включить, а затем выключить камеру после подключения питания к разъему питания в камере.
 Это необходимо для инициирования измерения батареи.
- Не меняйте аккумулятор часто. Меняйте, только когда аккумулятор выйдет из строя.

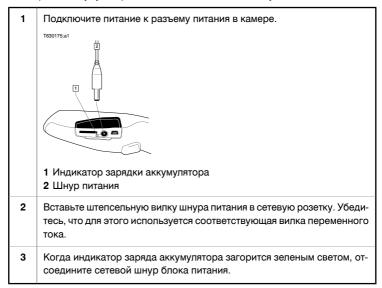
Об индикаторе зарядки аккумулятора

Индикатор зарядки аккумулятора представляет собой светодиод возле разъема питания. Он показывает следующие сигналы:

- Нет сигнала: источник питания не подсоединен.
- Оранжевый сигнал: аккумулятор заряжается.
- Зеленый сигнал: аккумулятор заряжен.

Процедура

Для зарядки аккумулятора необходимо выполнить следующие действия:



11.3 Сохранение изображения

Общее

На карту памяти miniSD™ можно сохранить несколько изображений.

Емкость карт памяти

Не рекомендуется сохранять более 5000 изображений на карте памяти miniSD™.

Несмотря на то, что емкость карты памяти составляет более 5000 изображений, сохранение большего числа изображений значительно замедляет управление файлами на карте памяти.

Примечание: на карте памяти miniSD™ отсутствует верхний предел объема памяти.

Форматирование карт памяти

Для хорошей работы карты памяти должны подходить по формату к файловой системе FAT (FAT16). Использование карт памяти формата FAT32 может привести к нечеткой работе. Чтобы привести карты памяти к формату FAT (FAT16), сделайте следующее:

1	Вставьте карту памяти в считывающее устройство, подключенное к компьютеру.
2	B Windows® Explorer выберите Мой компьютер и щелкните правой кнопкой мыши на карту памяти.
3	Выберите Формат.
4	В меню Файловая система выберите FAT.
5	Нажмите Пуск.

Соглашение о названиях изображений

По соглашению, названия изображений имеют вид IR_xxxx.jpg, где xxxx представляет собой уникальный номер. Если вы выберете Сброс, камера выполнит сброс счетчика и присвоит следующему файлу следующее неиспользованное имя файла.

Процедура

Для сохранения изображения нажмите кнопку Сохранить.

11.4 Вызов изображения

Общее

При сохранении изображения оно записывается в съемную карту памяти $miniSD^{**}$. Чтобы снова просмотреть это изображение, его нужно открыть, загрузив с карты памяти $miniSD^{**}$.

Процедура

Для вызова изображения необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите кнопку Архив.
2	Выполните одно из следующих действий: Для выбора изображения, которое Вы хотите просмотреть, нажимайте кнопки влево/вправо на навигационной панели. Нажмите кнопку со стрелкой вверх, используйте навигационную панель для выбора нужного изображения, затем нажмите правую кнопку выбора (Открыть).
3	Для возврата в режим реального времени выполните одно из следующих действий: • Нажмите кнопку Архив. • Нажмите правую кнопку выбора (Закрыть).

11.5 Открытие архива изображений

Общее

Архив изображений представляет собой галерею миниатюрных изображений на карте памяти miniSD™.

Процедура

Для открытия архива изображений необходимо выполнить следующие действия:

Нажмите кнопку Архив.
 Нажмите кнопку со стрелкой вверх на навигационной панели.
 Откроется архив изображений. Теперь можно использовать навигационную панель для перемещения по архиву.
 Чтобы открыть выбранное изображение, нажмите правую кнопку выбора (Открыть).

11.6 Удаление изображения

Общее

С карты памяти miniSD™ можно удалить одно или несколько изображений.

Вариант 1

Для удаления изображения необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите кнопку Архив.
2	Нажмите кнопку со стрелкой вверх. Откроется архив изображений.
3	С помощью навигационной панели выберите изображение, которое нужно удалить.
4	Нажмите левую кнопку выбора (Опции).
5	Используйте навигационную панель для выбора Удалить изображение.
6	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать).
7	Чтобы подтвердить удаление, нажмите правую кнопку выбора (Уда лить).
8	Для возврата в режим реального времени выполните одно из следующих действий:
	Нажмите кнопку Архив.Нажмите правую кнопку выбора (Закрыть).

Вариант 2

Для удаления изображения необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите кнопку Архив.
2	С помощью навигационной панели выберите изображение, которое нужно удалить.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Удалить).
4	Чтобы подтвердить удаление, нажмите правую кнопку выбора (Уда - лить).
5	Для возврата в режим реального времени выполните одно из следующих действий:
	Нажмите кнопку Архив.Нажмите правую кнопку выбора (Закрыть).

11.7 Удаление всех изображений

Общее

C карты памяти miniSD™ можно удалить все изображения.

Процедура

Для удаления всех изображений необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите кнопку Архив.
2	Нажмите кнопку со стрелкой вверх. Откроется архив изображений.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Опции).
4	Используйте навигационную панель для выбора Удалить все изобра жения.
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать).
6	Чтобы подтвердить удаление, нажмите правую кнопку выбора (Уда - лить).

11.8 Измерение температуры с помощью прицельной точки

Общее

Можно измерить температуру с помощью экспозиметра. В этом случае на экране отобразится температура в положении экспозиметра.

Процедура

1	Нажмите левую кнопку выбора (Меню).
2	Используйте навигационную панель для выбора Экранирование.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать).
4	Используйте навигационную панель для выбора Приц.тчк.
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Теперь температура в положении экспозиметра отобразится в левом верхнем углу экрана.

11.9 Измерение температуры с помощью прицельной области

Общее

С помощью постоянно движущихся указателей можно постоянно указывать самую высокую или самую низкую температуру в пределах области.

Процедура

1	Нажмите левую кнопку выбора (Меню).
2	Используйте навигационную панель для выбора Экранирование.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать).
4	Используйте навигационную панель для выбора одного из следующих действий: ■ Макс. в обл. ■ Мин. в обл.
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Теперь самая высокая или самая низкая температура в пределах области будет указываться постоянно движущимся указателем. Температура также будет отображаться в левом верхнем углу экрана.

11.10 Маркировка всех областей выше или ниже заданного уровня температуры

Общее

Можно отметить все области выше или ниже заданного уровня температуры.

Процедура

1	Нажмите левую кнопку выбора (Меню).
2	Используйте навигационную панель для выбора Экранирование.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать).
4	Используйте навигационную панель для выбора одного из следующих действий:
	Обнаружить ниже
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать).
6	Для изменения уровня температуры выше или ниже, которым нужно отметить области, используйте навигационную панель.

11.11 Изменение цветовой палитры

Общее

Вы можете изменить цветовую палитру, используемую для отображения различных температур. Правильно подобранная палитра может облегчить анализ изображения.

Процедура

Для изменения цветовой палитры необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите левую кнопку выбора (Меню).
2	Используйте навигационную панель, чтобы перейти в Цветовая палит ра.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Откроется подменю Цветовая палитра.
4	Используйте навигационную панель для выбора новой цветовой палитры.
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать) для подтверждения изменений и выйдите из подменю.

11.12 Изменение настроек

Общее

Вы можете изменить различные настройки камеры. Сюда входит следующее:

- Автоотключение
- Яркость дисплея
- Язык
- Единица измерения
- Формат времени
- Установка времени
- Время в кадре
- Встроенная программа (для загрузки обновлений программы для камеры.
 Дополнительная информация приведена на сайте http://flir.custhelp.com.)
- Сброс

Процедура

Для изменения настроек необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите левую кнопку выбора (Меню).
2	Используйте навигационную панель, чтобы перейти в Настройки.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Откроется подменю На - стройки.
4	Используйте навигационную панель для выбора настроек, которые нужно изменить.
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать), затем используйте навигационную панель для выбора новых настроек.
6	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать) для подтверждения изменений и выйдите из подменю, либо нажмите правую кнопку выбора (Закрыть) для выхода из меню.

11.13 Изменение режима настройки изображения

Общее

Камера работает в двух различных режимах настройки изображения:

Режим настройки изображения	значок	Пояснение
Автоматический режим	[Нет]	В автоматическом режиме камера постоянно настраивается автоматически для обеспечения оптимальной яркости и контрастности изображения.
Блокировка	T	В режиме блокировки камера блокирует интервал температур и уровень температуры.

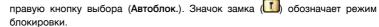
Случаи использования режима блокировки Типичной ситуацией, при которой используется режим **блокировки**, является поиск температурных аномалий в двух объектах одинакового дизайна или конструкции.

Например, при подозрении, что один из двух кабелей перегрет, работа в режиме блокировки ясно покажет, что один из них перегрет. На более высокую температуру в данном кабеле укажет более светлый цвет для более высокой температуры.

При использовании же автоматического режима цвет для двух объектов будет одинаковым.

Процедура

Для переключения с автоматического режима на режим блокировки нажмите



11.14 Настройка свойств поверхности

Общее

Для точного измерения температуры камера должна знать, какую поверхность Вы измеряете.

Самый простой способ для этого - настроить свойства поверхности в меню Измерение. Можно выбрать одно из следующих свойств поверхности:

- Матовый
- Полуматовый
- Полуглянцевый
- Глянцевый

Процедура

Для настройки свойств поверхности необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите левую кнопку выбора (Меню).
2	Используйте навигационную панель, чтобы перейти в Измерение.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Откроется подменю Изме -рение.
4	В меню Измерение используйте навигационную панель для выбора свойств поверхности.
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать) для подтверждения изменений и выйдите из меню.

СМ. ТАКЖЕ

Процедура более точных измерений описана в следующих разделах:

- Раздел 11.15 Изменение коэффициента излучения на стр. 37
- Раздел 11.16 Изменение видимой отраженной температуры на стр. 38

11.15 Изменение коэффициента излучения

Общее

Для наиболее точных измерений, возможно, вместо выбора свойств поверхности понадобится установить коэффициент излучения. Вам также необходимо будет понять, как коэффициенты излучения и отражения влияют на измерения, а не просто выбрать свойства поверхности.

Коэффициент излучения - свойство, показывающее количество излучения, которая исходит из объекта, а не отражается им. Более низкая величина указывает, что отражается большая пропорция, более высокая величина - что отражается меньшая пропорция.

Коэффициент излучения отполированной нержавеющей стали, например, составляет 0,14, а коэффициент излучения структурированного поливинилхлоридного пола - 0.93.

Процедура

Для установки коэффициента излучения необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите левую кнопку выбора (Меню).
2	Используйте навигационную панель, чтобы перейти в Измерение.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Откроется подменю Изме -рение.
4	Используйте навигационную панель для выбора Дополнительно.
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Откроется подменю Допол нительно.
6	Используйте навигационную панель для выполнения одного из следующих действий:
	 Установить значение коэффициента излучения
	■ Выбрать материал из списка материалов
7	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать) для подтверждения изменений и выйдите из меню.

СМ. ТАКЖЕ

Дополнительная информация о коэффициенте излучения приведена в разделе 18 – Техника термографических измерений на стр. 66.

11.16 Изменение видимой отраженной температуры

Общее

Данный параметр используется для компенсации излучения окружающих тел, отражаемого от объекта. Точная установка и компенсация видимой отраженной температуры особенно важны в тех случаях, когда коэффициент излучения мал, а температура объекта достаточно сильно отличается от отраженной температуры.

Процедура

Для установки видимой отраженной температуры необходимо выполнить следующие действия:

1	Нажмите левую кнопку выбора (Меню).
2	Используйте навигационную панель, чтобы перейти в Измерение.
3	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Откроется подменю Изме -рение.
4	Используйте навигационную панель для выбора Дополнительно.
5	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать). Откроется подменю Допол нительно.
6	Используйте навигационную панель для установки видимой отраженной температуры.
7	Нажмите левую кнопку выбора (Выбрать) для подтверждения изменений и выйдите из меню.

СМ. ТАКЖЕ

Дополнительная информация о видимой отраженной температуре приведена в разделе 18 – Техника термографических измерений на стр. 66.

11.17 Сброс настроек камеры

Общее

Сброс настроек камеры производится кнопкой сброса в аккумуляторном отсеке.

ПРИМЕЧАНИЕ

Не используйте для сброса настроек камеры металлические и другие токопроводящие инструменты.

Процедура

Для сброса настроек камеры необходимо выполнить следующие действия:

Откройте крышку аккумуляторного отсека.

Расположение кнопка сброса приведено на рисунке ниже.

Тезотте да расположение кнопка сброса приведено на рисунке ниже.

Тезотте да расположение кнопку сброса. Сброс настроек камеры произведен.

11.18 Определение серийного номера камеры

Общее

При обращении в отделы технического обслуживания может потребоваться указать серийный номер камеры.

Серийный номер указан на штампе в аккумуляторном отсеке за аккумулятором.

12 Чистка камеры

12.1 Корпус камеры, кабели и другие принадлежности

Чистящие жидкости

Рекомендуется использовать одну из следующих жидкостей:

- Теплая вода
- Слабый раствор моющего средства

Технические средства

Кусок мягкой ткани

Процедура

Выполните следующие действия:

1	Намочите ткань моющим раствором.
2	Выжмите ткань для удаления излишка жидкости.
3	Вытрите детали влажной тканью.

ВНИМАНИЕ

Не используйте растворители и подобные им жидкости для чистки камеры, кабелей или других принадлежностей. Это может привести к повреждениям.

12.2 Инфракрасный объектив

Чистящие жидкости

Рекомендуется использовать одну из следующих жидкостей:

- Изопропиловый спирт 96%.
- Имеющиеся в продаже жидкости для чистки оптики, содержащие более 30% изопропилового спирта.

Технические средства

Вата

Процедура

Выполните следующие действия:

1	Намочите вату чистящей жидкостью.
2	Выжмите вату для удаления излишка жидкости.
3	Вытрите объектив одним движением и выбросите вату.

осторожно

Перед использованием каких-либо жидкостей вы должны внимательно прочесть указания по технике безопасности и предупреждающие надписи на упаковке. Некоторые жидкости опасны для здоровья.

ВНИМАНИЕ

- При чистке инфракрасного объектива соблюдайте особую осторожность.
 Этот объектив имеет тонкое просветляющее покрытие.
- Не прилагайте чрезмерных усилий при чистке инфракрасного объектива.
 Вы можете повредить просветляющее покрытие.

12.3 Инфракрасный детектор

Общее

Даже небольшое количество пыли на инфракрасном детекторе может привести к серьезным дефектам изображения. Для удаления пыли с детектора необходимо выполнить следующие действия.

ПРИМЕЧАНИЕ

- Данный раздел относится только к камерам, в которых снятие объектива оставляет инфракрасный детектор незащищенным.
- В некоторых случаях подобным образом удалить пыль невозможно; инфракрасный детектор необходимо очищать механически. Такая механическая очистка производится уполномоченными сервисными центрами.

ВНИМАНИЕ

В описываемом ниже шаге 2 не допускается использование воздуха под давлением из пневматических воздушных контуров в мастерских и т.п., поскольку этот воздух обычно содержит масляный туман для смазки пневматического инструмента.

Процедура

1	Снимите объектив с камеры.
2	Чтобы сдуть пыль, используйте воздух под давлением из канистры для сжатого воздуха.

13 Технические данные

Технические данные приведены в таблицах в документации для пользователей на CD-ROM, поставляемой вместе с камерой. Технические данные также доступны на веб-сайте http://support.flir.com.

13.1 Дополнительные данные

Поле зрения и расстояние (FLIR i3)

10780503;a2

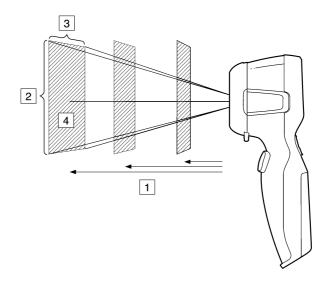


Рисунок 13.1 Соотношение между полем зрения и расстоянием. **1:** Расстояние до объекта; **2:** VFOV= поле зрения по вертикали; **3:** HFOV = поле зрения по горизонтали, **4:** IFOV = мгновенное поле зрения (размер одного детектирующего элемента).

В таблице приведены примеры поля зрения для различных расстояний до объекта. Примечание: в таблице не учитывается минимальное фокусное расстояние.

Focal length	: 6.76 mm								
Resolution:	60 x 60 pixe	ls							
Field of view	in degrees:	12.6							
D>	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.11	0.22	0.44	1.11	2.22	5.55	11.09	22.19	m
VFOV	0.11	0.22	0.44	1.11	2.22	5.55	11.09	22.19	m
IFOV	1.85	3.70	7.40	18.49	36.98	92.46	184.91	369.82	mm
D>	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.36	0.73	1.46	3.64	7.28	18.19	36.38	72.75	ft.
VFOV	0.36	0.73	1.46	3.64	7.28	18.19	36.38	72.75	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.29	0.73	1.46	3.64	7.28	14.56	in.
Legend:									
D = Distanc	e to target in	meters & fe	eet						
HFOV = Ho	rizontal field	of view in n	neters & fee	ət					
VFOV = Ve	rtical field of	view in met	ers & feet						
IFOV = Insta	antaneous fi	eld of view (size of one	detector ele	ement) in m	illimeters 8	inches		

Поле зрения & расстояние (FLIR i5)

10780503;a2

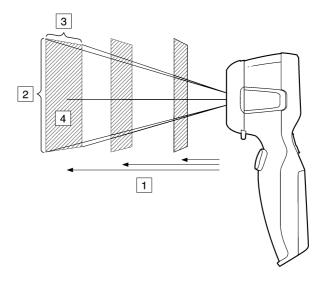


Рисунок 13.2 Соотношение между полем зрения и расстоянием. **1:** Расстояние до объекта; **2:** VFOV= поле зрения по вертикали; **3:** HFOV = поле зрения по горизонтали, **4:** IFOV = мгновенное поле зрения (размер одного детектирующего элемента).

В таблице приведены примеры поля зрения для различных расстояний до объекта. Примечание: в таблице не учитывается минимальное фокусное расстояние.

10781	103;a3

Focal length	: 6.76 mm								
Resolution:	100 x 100 pi	xels							
Field of view	in degrees:	20.9	7						
D>	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.18	0.37	0.74	1.85	3.70	9.25	18.49	36.98	m
VFOV	0.18	0.37	0.74	1.85	3.70	9.25	18.49	36.98	m
IFOV	1.85	3.70	7.40	18.49	36.98	92.46	184.91	369.82	mm
D>	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.61	1.21	2.43	6.06	12.13	30.31	60.63	121.25	ft.
VFOV	0.61	1.21	2.43	6.06	12.13	30.31	60.63	121.25	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.29	0.73	1.46	3.64	7.28	14.56	in.
Legend:									
D = Distanc	e to target in	meters & fe	eet						
HFOV = Ho	rizontal field	of view in n	neters & fee	et					
VFOV = Ve	rtical field of	view in met	ers & feet						
IFOV = Insta	antaneous fie	eld of view (size of one	detector ele	ement) in m	illimeters &	inches		

Поле зрения & расстояние (FLIR i7)

10780503;a2

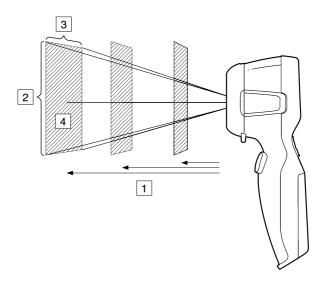


Рисунок 13.3 Соотношение между полем зрения и расстоянием. **1:** Расстояние до объекта; **2:** VFOV= поле зрения по вертикали; **3:** HFOV = поле зрения по горизонтали, **4:** IFOV = мгновенное поле зрения (размер одного детектирующего элемента).

В таблице приведены примеры поля зрения для различных расстояний до объекта. Примечание: в таблице не учитывается минимальное фокусное расстояние.

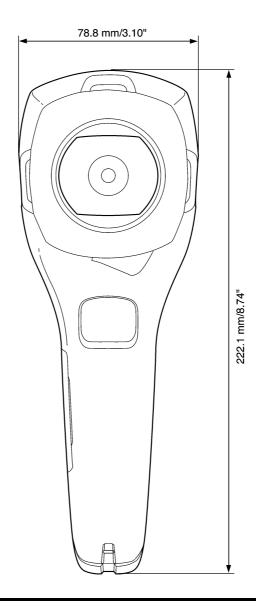
T63	820	1;a	13

Focal length	: 6.76 mm								
Resolution:	140 x 140 pi	xels							
Field of view	in degrees:	29.0							
D>	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.26	0.52	1.04	2.59	5.18	12.94	25.89	51.78	m
VFOV	0.26	0.52	1.04	2.59	5.18	12.94	25.89	51.78	m
IFOV	1.85	3.70	7.40	18.49	36.98	92.46	184.91	369.82	mm
D>	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.85	1.70	3.40	8.49	16.98	42.44	84.88	169.75	ft.
VFOV	0.85	1.70	3.40	8.49	16.98	42.44	84.88	169.75	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.29	0.73	1.46	3.64	7.28	14.56	in.
Legend:									
D = Distanc	e to target in	meters & f	eet						
HFOV = Ho	rizontal field	of view in n	neters & fee	et					
VFOV = Ve	rtical field of	view in met	ers & feet						
IFOV = Insta	antaneous fie	eld of view (size of one	detector ele	ement) in m	illimeters &	inches		

14 Размеры

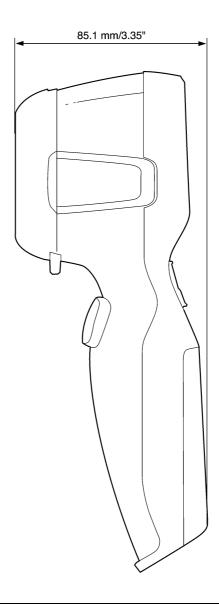
14.1 Камера (спереди)

Рисунок



14.2 Камера (сбоку)

Рисунок



15 Примеры использования

15.1 Повреждение при действии влажности и воды

Общее

Часто с помощью инфракрасной камеры можно обнаружить просачивание влаги в доме. Отчасти это вызвано тем, что поврежденная область имеет иную теплопроводность, и отчасти из-за иной теплоемкости по сравнению с окружающим материалом.

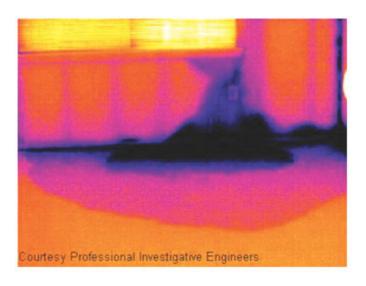
ПРИМЕЧАНИЕ

Множество факторов влияют на то, как повреждения и-за действия влажности и воды будут выглядеть на инфракрасном изображении.

Например, нагрев и охлаждение таких участков происходит с различной скоростью в зависимости от материала и времени дня. Поэтому важно использовать и другие методы для проверки на повреждение из-за влажности и воды.

Рисунок

На изображении ниже показана обширная протечка на наружной стене, где вода проникла во внешнюю обшивку из-за неправильно установленного наружного подоконника.



15.2 Дефектный контакт в розетке

Общее

В зависимости от типа соединения в розетке неправильно присоединенный провод может привести к локальному повышению температуры. Такое повышение температуры вызывается уменьшением поверхности контакта между точкой соединения входящего провода и розеткой и может привести к пожару.

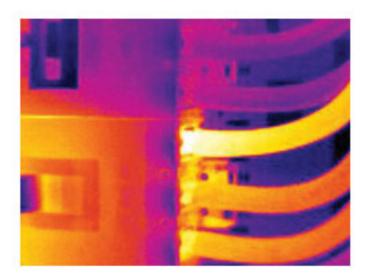
ПРИМЕЧАНИЕ

Конструкции розеток разных производителей могут иметь значительные различия. Поэтому различные дефекты в розетке могут одинаково выглядеть на инфракрасном изображении.

Покальное повышение температуры может также возникнуть из-за неправильного контакта между проводом и розеткой или из-за разницы нагрузок.

Рисунок

На изображении ниже показано присоединение кабеля к розетке, при котором неправильный контакт в соединении привел к локальному повышению температуры.



15.3 Окисление контактов розетки

Общее

В зависимости от типа розетки и условий окружающей среды контактные поверхности розетки могут окисляться. Окислы могут привести к локальному повышению сопротивления при подключении к розетке нагрузки, что можно увидеть по локальному повышению температуры на инфракрасном изображении.

ПРИМЕЧАНИЕ

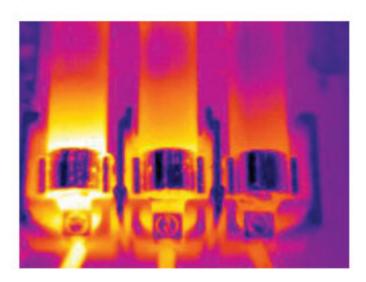
Конструкции розеток разных производителей могут иметь значительные различия. Поэтому различные дефекты в розетке могут одинаково выглядеть на инфракрасном изображении.

Покальное повышение температуры может также возникнуть из-за неправильного контакта между проводом и розеткой или из-за разницы нагрузок.

Рисунок

На изображении ниже показан ряд плавких предохранителей, один из которых имеет повышенную температуру на контактных поверхностях по отношению к зажиму. Повышение температуры незаметно на оголенном металле держателя предохранителя, но видно на керамическом материале предохранителя.

10739703:a1



15.4 Дефекты теплоизоляции

Общее

Дефекты изоляции могут возникнуть из-за потери объема изоляции с течением времени, вследствие чего полость в каркасной стене оказывается заполненной не полностью.

Инфракрасная камера позволяет увидеть такие дефекты теплоизоляции, так как у них иные характеристики теплопроводности, по сравнению с участками с правильно установленной изоляцией, а также увидеть область, где воздух проникает в каркас здания.

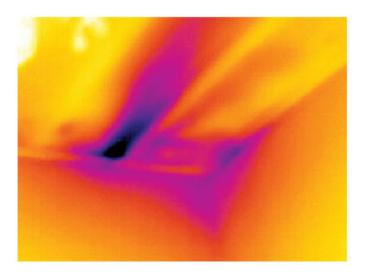
ПРИМЕЧАНИЕ

При осмотре здания разность температур между внутренней и наружной частью должна быть не менее 10°С. Стойки, водопроводные трубы, бетонные колонны и тому подобные компоненты могут выглядеть на инфракрасном изображении как дефекты теплоизоляции. Незначительные различия также могут возникать естественным путем.

Рисунок

На изображении ниже изоляция в несущей конструкции крыши отсутствует. Изза отсутствия изоляции воздух проник в конструкцию крыши, что видно по характерному отличию на инфракрасном изображении.

10739803:a1



15.5 Сквозняк

Общее

Сквозняки можно обнаружить под плинтусами, вокруг дверных и оконных коробок и за потолочным плинтусом. Такой тип сквозняков часто можно увидеть с помощью инфракрасной камеры, так как поток более холодного воздуха охлаждает окружающую поверхность.

ПРИМЕЧАНИЕ

При выявлении сквозняков в доме необходимо создать давление ниже атмосферного. Перед созданием инфракрасных снимков закройте все двери, окна и вентиляционные отверстия и включите на некоторое время вытяжной вентилятор на кухне.

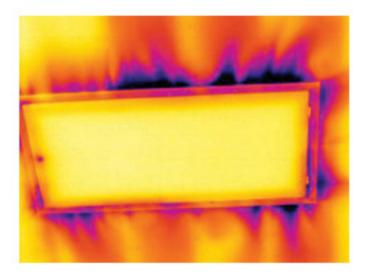
На инфракрасном изображении сквозняка часто видна форма потока, характерная для пара. На рисунке ниже ясно видно эту форму потока.

Следует также иметь в виду, что сквозняки могут скрываться теплом от систем обогрева пола.

Рисунок

На изображении ниже показан потолочный люк, неправильная установка которого привела к сильному сквозняку.

10739903:a1



16 О компании FLIR Systems

Компания FLIR Systems, основанная в 1978 году, является инициатором создания высокоэффективных тепловизионных систем и мировым лидером по разработке, производству и продаже систем формирования инфракрасных изображений для широкого спектра коммерческих, промышленных и государственных приложений. В настоящее время FLIR Systems объединяет в своем составе пять крупных компаний, известных своими выдающимися достижениями в области инфракрасной технологии: с 1958 года—шведскую компанию AGEMA Infrared Systems (бывшая AGA Infrared Systems), три американские компании: Indigo Systems, FSI, и Inframetrics, и французскую компанию Cedip. В ноябре 2007 года FLIR Systems приобрела компанию Extech Instruments.

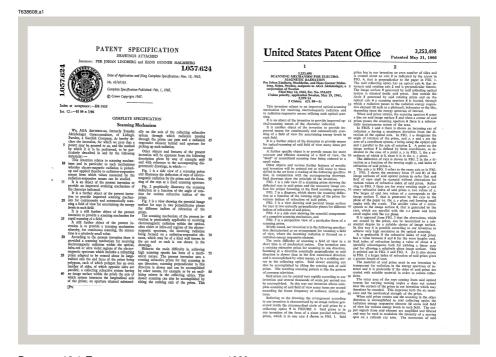


Рисунок 16.1 Патентные документы начала 1960-х годов

За этот период компания осуществила поставки более 140,000 ИК-камер по всему миру для применения в таких областях, как научно-исследовательские разработки, профилактическое диагностирование и неразрушающий контроль оборудования, управление технологическими процессами и автоматизация, машинное зрение и др.

FLIR Systems владеет тремя заводами в США (в Портленде, штат Орегон; в Бостоне, штат Массачусетс; в Санта-Барбаре, штат Калифорния) и одним заводом в Швеции, расположенным в Стокгольме.С 2007 года также действует завод в Таллинне, Эстония. Кроме того, она имеет торговые представительства в Бельгии, Бразилии, Китае, Франции, Германии, Великобритании, Гонконге, Италии, Японии, Швеции и США, которые вместе с распространенной по всему миру сетью торговых агентов и дистрибьюторов оказывают необходимую поддержку постоянным клиентам во многих странах мира.

FLIR Systems является передовой компанией в области новых разработок и промышленного производства ИК-камер. Мы предвосхищаем потребности рынка, внося усовершенствования в имеющиеся модели и разрабатывая новые типы камер. Нашей компании принадлежат такие ключевые решения в развитии данной области техники, как первые портативные камеры с питанием от аккумулятора для проведения ИК-обследования промышленных объектов и первые ИК-камеры без системы искусственного охлаждения и многие другие.





Рисунок 16.2 СЛЕВА: Thermovision® модель 661 выпуска 1969 года. Эта камера весила около 25 кг, осциллограф – 20 кг, а штатив – 15 кг. Кроме того, оператору требовался генератор переменного напряжения на 220 В и сосуд Дьюара на 10 л с жидким азотом. Слева от осциллографа видна фотоприставка Polaroid (6 кг). СПРАВА: FLIR i7 выпуска 2009 года. Вес: 0,34 кг вместе с аккумулятором.

FLIR Systems производит наиболее важные механические и электронные компоненты тепловизионных систем. Все этапы производственного процесса, начиная от проектирования детекторов и изготовления объективов и электронных плат, и заканчивая заводскими испытаниями и калибровкой готовых изделий, выпол-

няются и контролируются специалистами нашей компании. Высокая квалификация специалистов по инфракрасной технологии гарантирует точность и надежность всех основных конструктивных компонентов вашей инфракрасной камеры.

16.1 Не только камеры

Руководство компании FLIR Systems понимает, что производства лучших в мире систем для ИК-съемки недостаточно. Мы уверены, что для более полного использования всех возможностей систем ИК-камеры нашим заказчикам требуются наиболее современные программные средства. Специальные программы для научно-исследовательских разработок, профилактического диагностирования и неразрушающего контроля производственных процессов разрабатываются собственными подразделениями компании. Большая часть программного обеспечения выпускается на нескольких языках.

Кроме того, компания выпускает широкий ассортимент дополнительных принадлежностей для адаптации ИК-оборудования к конкретным условиям эксплуатации.

16.2 Мы делимся своими знаниями

Хотя и наши камеры сконструированы с учетом максимального удобства для пользователей, для полного использования их возможностей требуется определенный уровень знаний по термографии. Исходя их этого, компания FLIR Systems создала ITC — Центр подготовки специалистов по инфракрасной технологии, который, являясь самостоятельным коммерческим предприятием, проводит сертифицированные курсы обучения в этой области техники. Обучение по программам ITC дает неоценимые знания и практический опыт.

Персонал ITC также поможет вам в применении ваших теоретических знаний по инфракрасной технике для решения практических задач.

16.3 Техническая поддержка пользователей продукции

Компания FLIR Systems обладает сетью центров технического обслуживания, развернутой по всему миру. В обязанности этих центров входит обеспечение бесперебойной работы инфракрасных камер компании. Эти центры располагают всем необходимым оборудованием и высококлассными специалистами, способными в кратчайшие сроки устранить любые проблемы, связанные с функционированием инфракрасных камер. Это освобождает клиентов компании от необходимости отправлять свои камеры на другой конец света или обращаться за техническими рекомендациями к иноязычным специалистам.

16.4 Несколько фотографий с наших заводов

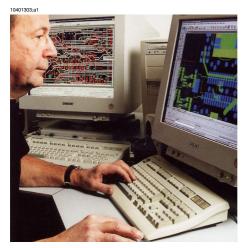




Рисунок 16.3 СЛЕВА: Разработка электроники системы; СПРАВА: Тестирование детектора МФП





Рисунок 16.4 СЛЕВА: Алмазно-токарный механизм; СПРАВА: Полирование линз



Рисунок 16.5 СЛЕВА: Тестирование инфракрасных камер в климатической камере; **СПРАВА:** Робот для тестирования и калибровки камеры

17 Глоссарий

Термин или выражение	Пояснение
IR	инфракрасный
Laser LocatIR	Электрический источник света, находящийся на камере, который испускает лазерное излучение в виде тонкого, сфокусированного пучка, используемого для указания на определенные части объекта, расположенного перед камерой.
NETD (Температурная разница эквивалента шума)	Температурная разница эквивалента шума. Мера уровня шума в изображении, полученном с ИК камеры.
абсолютно черное тело	Оборудование, испускающее инфракрасное излучение и обладающее свойствами абсолютно черного тела, которое используется для калибровки инфракрасных камер.
абсолютно черное тело	Совершенно не отражающий объект. Его излучение полностью определяется его собственной температурой.
автопалитра	Инфракрасное изображение выводится в несбалансированной цветовой гамме - и холодные и теплые объекты отображаются одновременно.
автоподстройка	Режим работы, при котором камерой выполняется внутренняя корректировка изображения.
атмосфера	Газы, находящиеся в пространстве между исследуемым объектом и камерой; как правило, это воздух.
визуальный	Относится к видеорежиму ИК камеры, как противоположность стандартному, термографическому режиму. В видеорежиме камера фиксирует обычные видеоизображения (в видимой области спектра), тогда как термографические изображения камера регистрирует, когда она находится в ИК режиме.
внешняя оптика	Дополнительные объективы, фильтры, тепловые экраны и т.д., которые могут быть помещены между камерой и объектом измерений.
двойная изотерма	Изотерма с двумя цветовыми полосами вместо одной.
диапазон температур	Текущие общие ограничения на измерения температуры с помощью ИК камеры. Камеры могут работать в нескольких диапазонах. Диапазон выражается в виде двух температур абсолютно черного тела, ограничивающих текущую калибровку.

Термин или выражение	Пояснение
диапазон	Текущие общие ограничения на измерения температуры с помощью ИК камеры. Камеры могут работать в нескольких диапазонах. Диапазон выражается в виде двух температур абсолютно черного тела, ограничивающих текущую калибровку.
излучатель	Элемент оборудования, излучающего ИК излучение.
излучательная способность	Количество энергии, излучаемое в единицу времени единицей поверхности объекта (вт/м²)
излучение	Процесс испускания электромагнитной энергии некоторым объектом или газом.
изотерма	Функция, выделяющая те участки изображения, температура которых оказывается выше или ниже одного или нескольких интервалов температуры или между ними.
изотермическая полость	Излучатель в форме бутылки с однородной температурой, рассматриваемый через горлышко бутылки.
интервал	Интервал температурной шкалы, обычно выражаемый через величину сигнала.
инфракрасный	Невидимое излучение с длиной волны, приблизительно, 2–13 µm.
конвекция	Конвекция представляет собой режим переноса тепла, при котором жидкость приводится в движение под воздействием силы тяжести либо другой силы, вследствие чего тепло переносится из одного места в другое.
коррекция изображения (внутренняя или внешняя)	Способ компенсации разницы в чувствительности в различных частях изображений в режиме реального времени, а также способ стабилизации камеры.
коэффициент излучения	Количество излучения, испускаемого объектом, по сравнению с излучением черного тела. Положительное число, не превосходящее единицы.
коэффициент отражения	Отношение количества излучения, отражаемого объектом, к количеству падающего на него излучения. Положительное число, не превосходящее единицы.
коэффициент пропускания (пропускание)	Газы и материалы могут быть прозрачными в большей или меньшей степени. Пропускание показывает количество ИК излучения, проходящего через них. Положительное число, не превосходящее единицы.

Термин или выражение	Пояснение
лазерный указатель	Электрический источник света, находящийся на камере, который испускает лазерное излучение в виде тонкого, сфокусированного пучка, используемого для указания на определенные части объекта, расположенного перед камерой.
мощность излучения	Количество энергии, излучаемое объектом в единицу времени (вт)
МПЗ	Мгновенное поле зрения: мера геометрического разрешения ИК камеры.
МФП	Матрица фокальной плоскости: тип ИК детектора.
непрерывная подстройка	Функция настройки изображения. Эта функция действует постоянно, непрерывно настраивая яркость и контраст в соответствии с характером изображения.
опорная температура	Температура, с которой можно сравнивать обычно измеря- емые значения.
относительная влажность	Относительная влажность представляет собой соотношение текущей массы водяного пара в воздухе и максимальной, которая может содержаться в условиях насыщения.
палитра	Набор цветов, используемый для представления ИК изображения.
параметры объекта	Набор значений, описывающих условия, при которых проводились измерения объекта, и сам объект (такие как коэффициент излучения, видимая отраженная температура, расстояние и т.д.).
пиксель	Элемент изображения. Одна отдельная точка изображения.
поглощение (коэффициент погло- щения)	Отношение излучения, поглощенного объектом, к падающему излучению. Положительное число, не превосходящее единицы.
Поле зрения	Угол в горизонтальной плоскости, в пределах которого видны объекты через ИК объектив.
полостной излучатель	Излучатель в форме бутылки с внутренней поглощающей поверхностью, наблюдаемой через горлышко бутылки.
примерное пропускание атмосфе- ры	Значение пропускания, предложенное пользователем в качестве замены вычисленному значению
прозрачная изотерма	Изотерма, представляющая линейное распределение цветов, вместо заливки выделенных участков изображения.

Термин или выражение	Пояснение
расчетное пропускание атмосфе- ры	Значение коэффициента пропускания, вычисленное на основании данных о температуре, относительной влажности воздуха и расстоянии до объекта.
ручная настройка	Способ настройки изображения, при котором некоторые параметры изменяются вручную.
светимость	Количество энергии, излучаемое объектом в единицу времени единицей поверхности в единичном угле (вт/м²/сфер.рад)
серое тело	Объект, на каждой длине волны излучающий одну и ту же долю от энергии излучения абсолютно черного тела на этой же волне.
сигнал объекта	Некалиброванное значение, определяемое количеством излучения, полученным камерой от объекта.
спектральная излучательная спо- собность	Количество энергии, излучаемое объектом в единицу времени единицей поверхности на единичном интервале длин волн (вт/м²/м)
среда	Предметы и газы, испускающие излучение в направлении исследуемого объекта.
температурная разность или разность температур	Величина, являющаяся результатом вычитания двух значений температуры.
теплопроводность	Процесс, вызывающий рассеяние тепла в веществе.
термограмма	инфракрасное изображение
уровень	Центральное значение температурной шкалы, обычно представляющее величину сигнала.
фильтр	Фильтр изготавливается из материала, прозрачного для инфракрасного излучения только некоторых длин волн.
цвет насыщения	Участки, соответствующие температурам, выходящим за установленные значения уровня/интервала, окрашиваются цветами насыщения. Насыщенные цвета содержат 'перенасыщенный' цвет и 'недонасыщенный' цвет. Существует также третий красный цвет насыщения, который все участки отмечает как насыщенные, и это является указанием детектора на то, что, возможно, данный диапазон следует изменить.
цветовая температура	Температура, при которой достигается некоторый определенный цвет абсолютно черного тела.
шкала температур	Способ текущего отображения ИК изображения. Выражается в виде двух значений температуры, ограничивающих цвета.

Термин или выражение	Пояснение
шум	Небольшое нежелательное искажение инфракрасного изображения

18 Техника термографических измерений

18.1 Вступление

Инфракрасная (ИК) камера (тепловизор) измеряет и представляет в виде изображений испускаемое объектом инфракрасное излучение. Тот факт, что излучение является функцией температуры поверхности объекта, позволяет камере рассчитать и отобразить такую температуру.

Однако измеряемое камерой излучение зависит не только от температуры объекта, но и от излучательной способности объекта. Излучение также исходит от окружающей среды и отражается объектом. Кроме того, на излучение объекта и на отраженное излучение будет также оказывать воздействие поглощение в атмосфере.

Поэтому для точного измерения температуры надо компенсировать эффекты нескольких различных источников излучения. Это осуществляется камерой в реальном времени автоматически. Однако в камеру необходимо ввести следующие параметры объекта.

- Коэффициент излучения объекта.
- Видимая отраженная температура.
- Расстояние между объектом и камерой.
- Относительная влажность.
- Температура окружающего воздуха.

18.2 Коэффициент излучения

Самым важным параметром, который следует правильно ввести, является коэффициент излучения, который, кратко говоря, является мерой излучения, испускаемого объектом, по сравнению с излучением абсолютно черного тела при такой же температуре.

Обычно материалы объектов и обработанные поверхности имеют коэффициент излучения в диапазоне, приблизительно, от 0,1 до 0,95. Хорошо отполированная (зеркальная) поверхность имеет значение менее 0,1, тогда как окисленная или покрашенная поверхность – намного более высокий коэффициент излучения. Масляная краска, вне зависимости от цвета в видимом спектре, имеет в инфракрасном диапазоне коэффициент излучения свыше 0,9. Кожа человека имеет коэффициент излучения от 0,97 до 0,98.

Неокисленные металлы представляют собой крайний случай идеальной непрозрачности и высокой отражающей способности, которая не меняется существенно с изменением длины волны. Следовательно, коэффициент излучения металлов является низким – только повышаясь с ростом температуры. Коэффициент излучения неметаллов обычно является высоким и понижается с ростом температуры.

18.2.1 Определение значения коэффициента излучения образца

18.2.1.1 Шаг 1: определение видимой отраженной температуры

Для определения видимой отраженной температуры можно воспользоваться одним из следующих двух методов.

18.2.1.1.1 Метод 1: метод прямого измерения

1 Определите возможные источники отраженного излучения, учитывая, что угол падения = углу отражения (a = b).

10588903;а1

Рисунок 18.1 1 = источник отраженного излучения

2 Если источник отраженного излучения является точечным, прикройте его листом картона, чтобы ослабить излучение.

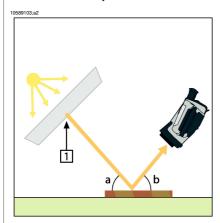
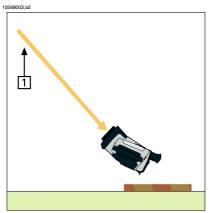


Рисунок 18.2 1 = источник отраженного излучения

- 3 Измерьте интенсивность излучения (т.е. отраженную температуру) от источника отраженного излучения, используя следующие настройки.
 - Коэффициент излучения: 1,0
 - D_{obj}: 0

Вы можете измерить интенсивность излучения одним из следующих двух методов:



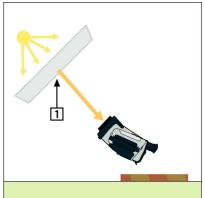


Рисунок 18.3 1 = источник отраженного излучения

Примечание: использование термопары для измерения видимой отраженной температуры не рекомендуется по двум основным причинам:

■ с помощью термопары нельзя измерить интенсивность излучения;

при использовании термопары необходимо обеспечить очень хороший термический контакт с поверхностью, который достигается, как правило, за счет приклеивания датчика и укрытия его термоизоляционным материалом.

18.2.1.1.2 Метод 2: метод отражателя



18.2.1.2 Шаг 2: определение коэффициента излучения

1	Выберите место для размещения образца.
2	Определите и установите видимую отраженную температуру, как указано выше.
3	Поместите на образец отрезок изоляционной ленты с заранее известным высоким коэффициентом излучения.
4	Нагрейте образец до температуры, превышающей комнатную не менее чем на 20 К. Нагрев должен быть равномерным.
5	Сфокусируйте изображение, выполните автоматическую настройку камеры, затем получите стоп-кадр.
6	Настройте уровень и диапазон , чтобы получить наилучшую яркость и контрастность изображения.

7	Установите коэффициент излучения, соответствующий коэффициенту излучения изоляционной ленты (как правило, 0,97).
8	Измерьте температуру ленты, используя одну из следующих функций измерения: «Изотерма» (позволяет определить как значение температуры, так и равномерность нагрева образца); «Точка» (более простая процедура); «Прямоугольник Сред.» (для поверхностей с непостоянным коэффициентом излучения).
9	Запишите значение температуры.
10	Переместите измерительную функцию на поверхность образца.
11	Изменяя установку коэффициента излучения, добейтесь тех же показаний температуры, которые были получены в ходе предыдущего измерения.
12	Запишите значение коэффициента излучения.

Примечание:

- Примите меры для предотвращения вынужденной конвекции.
- Выберите место с термически стабильной окружающей средой, не создающей точечных отражений.
- Используйте высококачественную непрозрачную ленту с известным высоким коэффициентом излучения.
- Этот метод измерения предполагает равенство температур ленты и поверхности образца. В противном случае будет получен ошибочный результат измерения коэффициента излучения.

18.3 Видимая отраженная температура

Данный параметр используется для компенсации излучения окружающих тел, отражаемого от объекта. Точная установка и компенсация видимой отраженной температуры особенно важны в тех случаях, когда коэффициент излучения мал, а температура объекта достаточно сильно отличается от отраженной температуры.

18.4 Расстояние

Параметр расстояние соответствует расстоянию между объектом и передней линзой объектива камеры. Этот параметр используется для компенсации влияния следующих двух явлений.

- Поглощение излучения от объекта атмосферой в промежутке между объектом и объективом камеры.
- Попадание собственного излучения атмосферы в объектив камеры.

18.5 Относительная влажность

Камера может также компенсировать тот факт, что пропускание в некоторой степени зависит от относительной влажности атмосферы. Это достигается установкой корректного значения относительной влажности. Для малых расстояний и нормальной влажности обычно можно оставлять относительную влажность равной значению по умолчанию, соответствующему 50%.

18.6 Другие параметры

Кроме того, некоторые камеры и аналитические программы FLIR Systems позволяют компенсировать следующие параметры.

- Температура воздуха, т.е. температура воздуха между камерой и объектом.
- Температура внешней оптики, *т.е.* температура всех внешних линз и окошек, находящихся перед камерой.
- Пропускание внешней оптики, *т.е.* пропускание всех внешних линз и окошек, находящихся перед камерой

19 История инфракрасной технологии

Еще 200 лет назад о существовании инфракрасного диапазона спектра электромагнитного излучения даже не было известно. Первоначальное значение открытия инфракрасного диапазона спектра или, как это часто называется ИК-излучения, как формы теплового излучения, какое оно имело во время его открытия Гершелем в 1800 году, в настоящее время, вероятно, трудно понять.



Рисунок 19.1 Сэр Уильям Гершель (1738 – 1822 гг.)

Это открытие произошло случайно во время поиска нового оптического материала. Сэр Уильям Гершель, астроном при дворе короля Англии Георга III, к тому времени уже получивший известность за открытие планеты Уран, был занят поиском материала оптического фильтра, чтобы уменьшить яркость изображения солнца в телескопах во время наблюдений за ним. Испытывая различные образцы цветного стекла, дающие одинаковое понижение яркости, он, к своему удивлению, обнаружил, что некоторые образцы пропускали лишь незначительное количество солнечного тепла, в то время как другие пропускали столько тепла, что это могло привести к повреждению глаза уже через несколько секунд наблюдения.

Гершель вскоре пришел к выводу о необходимости проведения систематических исследований с целью нахождения того материала, который бы обеспечил необходимое понижение яркости в сочетании с максимальным понижением потока тепла через него. В начале исследований он фактически повторил эксперимент с призмой Ньютона, но при этом более чем видимое распределение интенсивности спектра его интересовал эффект нагрева. Сначала он закрасил чернилами шарик чувствительного стеклянного ртутного термометра, в результате чего получился своеобразный детектор излучения, который был использован для исследования эффекта нагрева, получаемого при использовании различных

цветов спектра, формируемого в верхней части распределения, путем пропускания солнечных лучей через стеклянную призму. Другие термометры, помещенные в стороне от солнечных лучей, служили для получения контрольных значений.

По мере медленного перемещения зачерненного термометра по цветам спектра значения температуры неуклонно повышались при движении от фиолетового к красному краю спектра. Это не явилось полной неожиданностью, поскольку итальянский исследователь, Ландриани, в аналогичном эксперименте в 1777 г. наблюдал схожий эффект. Однако именно Гершель первым установил, что должна существовать точка, в которой эффект нагрева достигает максимума и что эту точку не удается найти с помощью измерений, относящихся к видимой части спектра.

10398903:a1



Рисунок 19.2 Марцилио Ландриани (1746–1815 гг.)

Перемещая термометр в темную область за пределы красной границы спектра, Гершель установил, что нагрев продолжает увеличиваться. Точка максимального нагрева, которую он обнаружил, находилась далеко за пределами красной границы - сейчас мы называем это «инфракрасными длинами волн».

Когда Гершель сделал это открытие, он назвал эту новую часть электромагнитного спектра «термометрическим спектром».. Само излучение Гершель иногда называл «темным теплом» или просто «невидимыми лучами». По иронии судьбы, несмотря на распространенное мнение, термин «инфракрасный» придумал не Гершель. Это слово стало впервые появляться в печатных материалах около 75 лет спустя, и его автор до сих пор не известен.

Использование Гершелем в исходном эксперименте стекла поначалу привело к полемике с его современниками на предмет реальности существования инфракрасных волн. Различные исследователи в попытках найти подтверждение его открытию использовали самые разные виды стекла без разбора, получая разную степень прозрачности в инфракрасном диапазоне. В своих более поздних экспериментах Гершель установил ограниченную прозрачность стекла для недавно

открытого теплового излучения, в результате чего он был вынужден сделать вывод, что оптика для инфракрасного излучения, вероятно, обречена быть, исключительно, из отражательных элементов (т.е. плоских и изогнутых зеркал). К счастью, это казалось истинным только до 1830 года, когда итальянский исследователь Меллони совершил выдающееся открытие: оказалось, что встречающаяся в природе каменная соль (NaCl), кристаллы которой могли иметь достаточную величину для того, чтобы из них можно было изготавливать линзы и призмы, имеет необычайно высокую степень прозрачности для инфракрасного излучения. В результате каменная соль стала основным материалом для инфракрасной оптики в следующие сто лет, вплоть до начала искусственного выращивания синтетических кристаллов, начиная с 1930 года.



Рисунок 19.3 Македонио Меллони (1798–1854 гг.)

Термометры в качестве детекторов излучения использовались в неизменном виде вплоть до 1829 г., когда Нобили изобрел термопару. (Собственный термометр Гершеля обеспечивал разрешение до 0,2 °C, а более поздние модели давали точность до 0,05 °C) Затем произошел прорыв; Меллони последовательно соединил некоторое количество термопар, которые образовали первую термобатарею. Новое устройство обладало, как минимум, в 40 раз большей чувствительностью по сравнению с лучшим термометром той эпохи в обнаружении теплового излучения - оно могло обнаружить тепло от человека, стоящего на расстоянии в три метра от него.

Первое, так называемое, «тепловое изображение» стало возможным в 1840 г. в результате работы Сэра Джона Гершеля, сына открывателя инфракрасного излучения, также ставшего знаменитым астрономом. Возникающее благодаря неравномерному испарению тонкой масляной пленки, подвергающейся воздействию сфокусированной на ней тепловой картинки, тепловое изображение можно было видеть в отраженном свете, когда интерференционные эффекты

масляной пленки делали его видимым для глаза. Сэру Джону также удалось получить простейшее воспроизведение теплового изображения на бумаге, которое он назвал «термографом».



Рисунок 19.4 Сэмюель П. Лэнгли (1834-1906 гг.)

Прогресс в повышении чувствительности детектора инфракрасного излучения был медленным. Следующим крупным прорывом, сделанным Лэнгли в 1880 г., явилось изобретение болометра. Болометр состоял из тонкой зачерненной полоски платины, подсоединенной к одному плечу цепи измерительного моста Уитстона, на которой было сфокусировано инфракрасное излучение и к которой был подключен чувствительный гальванометр. Имеются свидетельства о том, что данный инструмент мог обнаружить тепло от коровы на расстоянии 400 метров.

Английский ученый Сэр Джеймс Дьюар первым ввел использование сжиженных газов в качестве охлаждающей среды (таких как жидкий азот с температурой - 196 °C) в исследованиях при низкой температуре. В 1892 г. он изобрел уникальный контейнер с вакуумной термоизоляцией, в котором можно хранить сжиженные газы в течение многих дней. Обычный «термос», используемый для хранения горячих и холодных напитков, создан на основе изобретения Дьюара.

В первые два десятилетия XX века изобретатели во всем мире осваивали использование инфракрасного излучения. Было выдано много патентов на устройства обнаружения людей, артиллерии, самолетов, кораблей и даже айсбергов. Первые работающие системы, в современном смысле, начали разрабатываться во время Первой мировой войны, когда обе противоборствующие стороны запустили исследовательские программы, направленные на военное использование инфракрасного излучения. В рамках этих программ велась разработка экспериментальных систем для обнаружения вторжения противника, замера температуры на расстоянии, защиты средств связи, а также для наведения «летающей торпе-

ды». Проходившая испытания в этот период система инфракрасного поиска могла обнаружить приближающийся аэроплан на расстоянии 1,5 км или человека на расстоянии более 300 метров.

Наиболее чувствительные системы в то время создавались на основе принципа болометра, однако в период между двумя мировыми войнами были разработаны два существенно новых инфракрасных детектора: преобразователь изображения и детектор фотонов. Поначалу преобразователь изображения привлекал сильнейшее внимание военных, поскольку он впервые в истории открывал возможность наблюдателю буквально «видеть в темноте». Однако чувствительность преобразователя изображения была ограничена ближним ИК диапазоном, и наиболее важные военные цели (т.е. солдаты противника) требовалось освещать инфракрасными поисковыми лучами. Поскольку при этом возникал риск обнаружения позиции наблюдателя аналогично оснащенным наблюдателем противника, то, понятно, что интерес военных к преобразователю изображения, в конечном счете, угас.

Тактические недостатки военного использования, так называемых, «активных» (т.е. оснащенных поисковыми лучами) систем теплового изображения дали толчок во время Второй мировой войны развитию интенсивных засекреченных военных программ по исследованию инфракрасного излучения с целью разработки «пассивных» систем (без поисковых лучей) на базе чрезвычайно чувствительного фотонного детектора. В этот период режим секретности военных разработок полностью скрывал состояние технологии инфракрасных изображений. Завеса секретности начала приоткрываться, только начиная с середины 1950-х годов, и с того времени соответствующие устройства тепловидения, наконец, стали становиться доступными для гражданской науки и промышленности.

20 Теория термографии

20.1 Вступление

Для большинства пользователей ИК-камер суть инфракрасного излучения и связанных с этим технологий до сих пор известны мало. В этом разделе будут приведены сведения по теоретическим основам термографии.

20.2 Спектр электромагнитного излучения

Спектр электромагнитного излучения условно разделен на несколько диапазонов с разными значениями длины волны, которые отличаются методами, используемыми для создания и обнаружения излучения. Фундаментального различия между излучением в разных диапазонах электромагнитного спектра нет. Они все подчиняются одним и тем же законам, и отличия между ними являются следствием только различия длины волны.

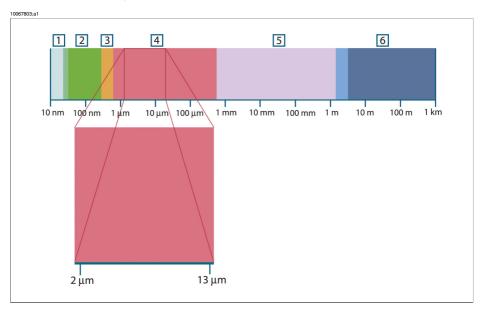


Рисунок 20.1 Спектр электромагнитного излучения 1: Рентген. лучи; 2: УФ; 3: Видимый; 4: ИК; 5: Микроволны; 4: Радиоволны

В термографии используется инфракрасный диапазон спектра. В коротковолновой его части (темно-красный цвет) пролегает граница с видимым спектром. В длинноволновой части он переходит в микроволновые радиоволны миллиметрового диапазона.

Инфракрасный диапазон часто подразделяется на четыре более коротких диапазона, границы которых также выбраны условно. Эти диапазоны определены следующим образом: *ближний инфракрасный* (0,75–3 µмкм), *средний инфракрасный* (3–6 µмкм), *дальний инфракрасный* (6–15 µмкм) и *крайний инфракрасный* (15–100 µмкм). Хотя значения длины волны даны в мкм (микрометрах), до сих пор в данном спектральном регионе часто применяются другие единицы измерения длины волн, *например*, нанометры (нм) и ангстремы (Å).

Между собой они соотносятся так:

 $10\ 000\ \text{Å} = 1\ 000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$

20.3 Излучение черного тела

Черное тело определяется как объект, поглощающий все падающее на него излучение на любой длине волны. Кажущееся неверным употребление термина «черное» по отношение к объекту, испускающему излучение, объясняется законом Кирхгоффа (Густав Роберт Кирхгоф, 1824-1887 гг.), который гласит, что тело, способное поглощать все излучение на любой длине волны, в равной мере способно и испускать излучение.





Рисунок 20.2 Густав Роберт Кирхгофф (1824–1887 гг.)

Устройство источника в виде черного тела, в принципе, весьма простое. Характеристики излучения отверстия в изотермической (равномерно нагретой) полости, сделанной из непрозрачного поглощающего материала, представляют почти точно свойства черного тела. Практическим воплощением данного принципа создания абсолютного поглотителя излучения является светонепроницаемый ящик с отверстием в одной из сторон. Любое входящее через отверстие излучение рассеивается и поглощается вследствие многократных отражений, поэтому может выйти только бесконечно малая его часть. Степень черноты в отверстии почти равна черному телу и является почти идеальной для всех длин волн.

Если установить в такой изотермическую полость подходящий нагреватель, то тогда она становится так называемым *«полостным излучателем»*. |Равномерно нагретая изотермическая полость создает излучение черного тела, характеристики которого определяются исключительно температурой полости. Такие полостные излучатели обычно используются в лабораториях в качестве источников излучения для калибровки термографических инструментов, таких, например, как ИК-камеры компании FLIR Systems.

Если температура излучения черного тела поднимается выше 525°С, источник становится видимым, и для глаза он уже не кажется черным. Это начальная температура красного нагрева излучателя, который затем меняет цвет, становясь оранжевым или желтым по мере дальнейшего увеличения температуры. Так называемую «цветовую температуру» объекта можно определить как температуру, до которой надо нагреть черное тело, чтобы оно окрасилось в данный цвет.

Теперь рассмотрим три выражения, описывающих испускаемое черным телом излучение.

20.3.1 Закон Планка



Рисунок 20.3 Макс Планк (1858–1947 гг.)

Макс Планк (1958-1947 гг.) смог описать распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела с помощью следующей формулы:

$$W_{\lambda b} = rac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{rac{hc/\lambda kT}{2}}-1
ight)} imes 10^{-6} [Watt\,/\,m^2,\mu m]$$

где

$W_{\lambda b}$	спектральная излучательная способность черного тела на длине
	волны λ.

С	скорость света = 3 × 10 ⁸ м/с
h	постоянная Планка = 6.6×10^{-34} Дж-с.
k	постоянная Больцмана = 1.4×10^{-23} Дж/К.
Т	абсолютная температура черного тела (°K)
λ	длина волны (м).

Оспользуется множитель 10-6, так как спектральная излучательная способность в кривых выражена в Вт/м², µм.

Формула Планка, построенная в виде графиков для разных температур, дает семейство кривых. Согласно любой из кривых Планка, спектральная излучательная способность равна нулю при $\lambda=0$, затем быстро увеличивается до максимума на длине волны λ_{max} , после чего опять приближается к нулю для очень длинных волн. Чем выше температура, тем короче длина волны, при которой достигается максимум.

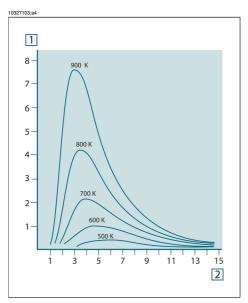


Рисунок 20.4 Кривые спектральной излучательной способности черного тела в соответствии с законом Планка, построенные для разных значений абсолютной температуры **1**: Спектральная излучательная способность ($Bt/cm^2 \times 10^3 (\mu m)$); **2**: Длина волны (μ m).

20.3.2 Закон смещения Вина

После дифференцирования формулы Планка по λ и нахождения максимума имеем:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T} [\mu m]$$

Это формула Вина (*Вильгельм Вин*, 1864–1928 гг.), математически выражающая обычно наблюдаемое изменение цвета от красного до оранжевого или желтого при повышении температуры теплового излучателя. Длина волны цвета равна длине волны, рассчитанной для λ_{max} . Хорошее приближение значения λ_{max} для данной температуры черного тела получается при применении приближенного правила 3000/Т-мкм. Так, спектральная излучательная способность очень горячей звезды вроде Сириуса (11000К), излучающей бело-голубой свет, достигает пика в невидимом ультрафиолетовом спектре на длине волны 0,27 мкм.



Рисунок 20.5 Вильгельм Вин (1864–1928 гг.)

Спектральная излучательная способность Солнца (около 6000K), излучающего желтый свет, достигает пика в районе 0,5 мкм в середине спектра видимого света.

При комнатной температуре (300K) пик значения излучательной способности достигается при 9,7 мкм в дальнем инфракрасном диапазоне, в то время как при температуре жидкого азота (77K) максимум излучательной способности чрезвычайно слабого излучения достигается на длине волны 38 мкм в крайнем инфракрасном спектре.

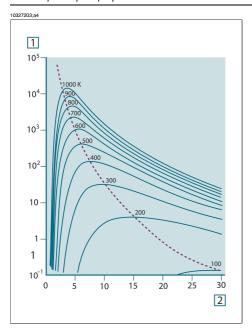


Рисунок 20.6 Кривые Планка, построенные в полулогарифмическом масштабе от 100 К до 1000 К. Пунктирная линия представляет геометрическое место точек максимума излучательной способности при каждой температуре согласно закону смещения Вина 1: Спектральная излучательная способность (Вт/см² (мкм)); 2: Длина волны (мкм)

20.3.3 Закон Стефана-Больцмана

Интегрированием формулы Планка от $\lambda = 0$ до $\lambda = \infty$ получаем интегральную излучательную способность (W_b) черного тела:

$$W_b = \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2]$$

Это формула Стефана-Больцмана (Moseф Стефан, 1835–1893, и Пюдвиг Больцман, 1844–1906), которая гласит, что интегральная излучательная способность черного тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры. Графически W_b представляет собой область под кривой Планка для конкретной температуры. Можно показать, что излучательная способность в интервале от $\lambda = 0$ до λ_{max} составляет только 25% от интегральной излучательной способности, что представляет собой приблизительно количество излучения Солнца', лежащего в спектре видимого света.





Рисунок 20.7 Джозеф Стефан (1835–1893 гг.) и Людвиг Больцман (1844-1906 гг.)

При расчете мощности излучения человеческого тела по формуле Стефана-Больцмана при температуре 300 К и площади поверхности около 2 м² получаем 1 кВт. Эта потеря энергии при комнатной температуре, не очень сильно отличающейся от температуры тела, не могла бы быть продолжительной, если бы не компенсирующее ее поглощение излучения от окружающих поверхностей и, разумеется, если бы не наличие одежды.

20.3.4 Излучатели, не являющиеся черными телами

До сих пор обсуждались только черные излучатели и излучение черного тела. Однако реальные объекты почти никогда не соответствуют этим законам на широком диапазоне значений длины волны, хотя в некоторых спектральных интервалах они могут приближаться к характеристикам черного тела. Например, белая краска кажется идеально белой в спектре видимого света, но становится явно серой на длине волны примерно 2 мкм, а за пределами 3 мкм она вообще почти черная.

Реальным объектам помешать стать черными телами могут три процесса: часть α падающего излучения может быть поглощена, часть ρ может быть отражена, а часть τ может пройти через объект. Поскольку все эти процессы в той или иной степени зависят от длины волны, символ λ применяется для обозначения спектральной зависимости для их определения следующим образом.

- Коэффициент спектрального поглощения α_λ равен отношению мощности излучения, поглощенной объектом на определенной длине волны, ко всей входной мощности.
- Коэффициент спектрального отражения ρ_λ равен отношению мощности излучения, отраженной объектом на определенной длине волны, ко всей входной мощности.
- Коэффициент спектрального пропускания т_λ равен отношению мощности излучения, прошедшей сквозь объект на определенной длине волны, ко всей входной мощности.

Сумма этих трех коэффициентов всегда должна равняться единице при любой длине волны, поэтому:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} + \tau_{\lambda} = 1$$

Для непрозрачных материалов $\tau_{\lambda} = 0$, поэтому отношение упрощается:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} = 1$$

Другой коэффициент, называемый коэффициентом излучения, требуется для описания части є излучения черного тела, создаваемого объектом при определенной температуре. Таким образом, получаем следующее определение:

Спектральный коэффициент излучения ϵ_{λ} равен отношению спектральной мощности излучения, создаваемого объектом, к мощности излучения черного тела при одних и тех же температуре и длине волны.

Математически это может быть записано как отношение спектральной излучательной способности объекта к спектральной излучательной способности черного тела:

$$\varepsilon_{\scriptscriptstyle \lambda} = \frac{W_{\scriptscriptstyle \lambda o}}{W_{\scriptscriptstyle \lambda b}}$$

Вообще говоря, существует три типа источников излучения, отличающихся тем, как спектральная излучательная способность изменяется при изменении длины волны.

- Черное тело, для которого $\epsilon_{\lambda} = \epsilon = 1$.
- Серое тело, для которого ε_{λ} = ε = постоянная, меньшая единицы.
- Избирательный излучатель, для которого є изменяется при изменении длины волны.

Согласно закону Кирхгоффа, для любого материала спектральный коэффициент излучения и спектральный коэффициент поглощения тела равны для любой заданной температуры и длины волны. То есть:

$$\varepsilon_{\lambda} = \alpha_{\lambda}$$

Из этого для непрозрачных материалов мы получаем (поскольку α_{λ} + ρ_{λ} = 1):

$$\varepsilon_{\lambda} + \rho_{\lambda} = 1$$

Для хорошо отполированных материалов ε_{λ} приближается к нулю, поэтому для идеального отражающего материала (*т.е.* идеального зеркала) имеем

$$\rho_{\text{\tiny V}}=1$$

Для излучателя в виде серого тела формула Стефана-Больцмана принимает вид:

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \left[\text{Watt/m}^2 \right]$$

Это означает, что интегральная излучаемая мощность серого тела по сравнению с интегральной излучаемой мощности черного тела меньше в соответствии с величиной є для серого тела.

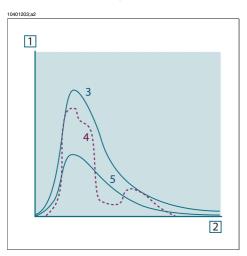


Рисунок 20.8 Спектральная излучательная способность трех типов излучателей 1: Спектральная излучательная способность; **2**: Длина волны; **3**: Черное тело; **4**: Избирательный излучатель; **5**: Серое тело.

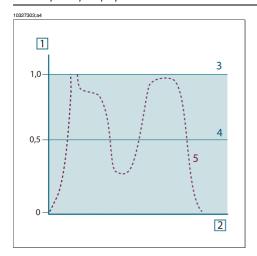


Рисунок 20.9 Спектральный коэффициент излучения трех типов излучателей **1:** Спектральный коэффициент излучения; **2:** Длина волны; **3:** Черное тело; **4:** Серое тело; **5:** Избирательный излучатель.

20.4 Полупрозрачные для инфракрасных лучей материалы

Рассмотрим теперь неметаллическое полупрозрачное тело, например в виде толстой плоской плиты из пластикового материала. При нагревании такой плиты испускаемое из глубины этой плиты излучение должно пробиться сквозь материал на поверхности, причем оно частично поглощается материалом. Более того, когда оно достигнет поверхности, часть его будет отражена назад в глубину. Отраженное излучение опять частично будет поглощено, но некоторая его часть достигнет другой поверхности, через которую большая часть его покинет плиту, а другая будет опять отражена внутрь. Хотя последующие отражения становятся все слабее и слабее, их следует учитывать при нахождении общей излучательной способности плиты. После сложения результирующих геометрических рядов эффективный коэффициент излучения полупрозрачной плиты выражается следующей формулой:

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{(1 - \rho_{\lambda})(1 - \tau_{\lambda})}{1 - \rho_{\lambda}\tau_{\lambda}}$$

Для непрозрачной плиты эта формула упрощается до вида:

$$\varepsilon_{\lambda} = 1 - \rho_{\lambda}$$

Это последнее отношение особенно удобно, т.к. часто бывает проще измерять отражение, чем напрямую измерять коэффициент излучения.

21 Формула для обработки результатов измерений

Как уже отмечалось, при наведении на объект камера принимает излучение не только от самого объекта. Она также принимает излучение от окружающей среды, которое отражается поверхностью объекта. Обе эти компоненты излучения, до некоторой степени, ослабляются при прохождении через атмосферу на пути к камере. В результате появляется третья составляющая излучения, создаваемая уже самой атмосферой.

Данное описание ситуации с измерениями, как показано на рисунке ниже, является довольно-таки близким к истине описанием реальных условий. Факторами, которыми в данном случае можно пренебречь, являются, например, рассеяние солнечного света в атмосфере или рассеянное излучение от сильных источников, находящихся вне поля обзора. Такие возмущения с трудом поддаются количественному описанию, однако в большинстве случаев они, к счастью, достаточно малы, чтобы ими можно пренебречь. В том случае, когда этими помехами пренебречь нельзя, конфигурация измерения будет, скорее всего, такова, что риск искажения очевиден, по крайней мере, для подготовленного оператора. Тогда ответственностью оператора будет изменение ситуации при выполнении измерений, чтобы избежать влияния помех, например путем изменения направления наблюдения, экранирования источников сильного излучения и т.п.

Приняв приведенное выше описание, мы можем использовать нижерасположенный рисунок для вывода формулы вычисления температуры объекта на выходе откалиброванной камеры.

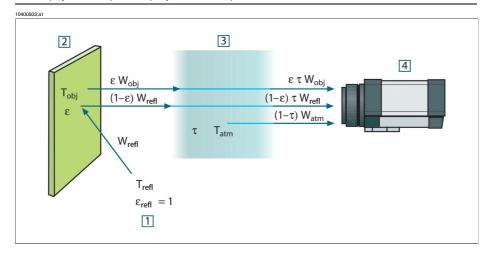


Рисунок 21.1 Схематическое представление ситуации при общих термографических измерениях **1**: Среда; **2**: Объект; **3**: Атмосфера; **4**: Камера

Предположим, что энергия, получаемая при излучении W от черного тела в качестве источника температуры T_{source} на коротком расстоянии создает выходной сигнал камеры U_{source} , который пропорционален энергии на входе (камера с выходом, линейно пропорциональным мощности). Тогда можем записать (уравнение 1):

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

или упрощенно:

$$U_{source} = CW_{source}$$

где С - константа.

Если источником является серое тело с излучательной способностью ϵ , получаемое излучение будет, следовательно, иметь значение ϵW_{source} .

Теперь мы можем записать три слагаемых принимаемой энергии излучения:

- 1. Светимость объекта = ϵTW_{obj} , где ϵ является светимостью объекта, а т является коэффициентом пропускания атмосферы. Температура объекта T_{obj} .
- 2. Отраженное излучение окружающих источников $= (1 \epsilon) TW_{refl}$, где (1ϵ) является коэффициентом отражения объекта. Сторонние источники имеют температуру T_{refl} .

Расчеты основаны на допуске, что температура T_{refl} одинакова для всех излучающих поверхностей внутри полусферы, видимой с точки на поверхности объекта. Конечно, это является некоторым упрощением реальной ситуации. Однако это – необходимое упрощение для вывода формулы, с которой можно работать, а температуре T_{refl} можно, по крайней мере, теоретически сопоставить значение, которое будет соответствовать эффективной температуре сложной окружающей среды.

Следует также учесть, что за основу было взято предположение о том, что излучательная способность для окружающей среды = 1. Это соответствует закону Кирхгофа: все излучение, попадающее на окружающие поверхности, будет, в конечном счете, поглощено этими же поверхностями. Таким образом, излучательная способность = 1 (хотя следует отметить, что в дискуссиях последнего времени говорится о необходимости учета полной сферы вокруг объекта).

3. Светимость атмосферы = $(1-T)TW_{atm}$, где (1-T) является светимостью атмосферы. Температура атмосферы равна T_{atm} .

Теперь можно записать общую получаемую энергию излучения (уравнение 2):

$$W_{\scriptscriptstyle tot} = \varepsilon \tau W_{\scriptscriptstyle obj} + (1-\varepsilon) \, \tau W_{\scriptscriptstyle refl} + (1-\tau) \, W_{\scriptscriptstyle atm}$$

Умножаем каждое слагаемое на константу С из уравнения 1, заменяем произведения СW соответствующими U согласно тому же уравнению и получаем (уравнение 3):

$$U_{\rm tot} = \varepsilon \tau U_{\rm obj} + (1-\varepsilon) \tau U_{\rm refl} + (1-\tau) U_{\rm atm}$$

Решаем уравнение 3 для U_{obi} (уравнение 4):

$$U_{\textit{obj}} = \frac{1}{\varepsilon\tau} U_{\textit{tot}} - \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} U_{\textit{refl}} - \frac{1-\tau}{\varepsilon\tau} U_{\textit{atm}}$$

Это общая формула измерений, используемая во всем термографическом оборудовании FLIR Systems. Напряжения, получаемые из данной формулы, следующие:

Рисунок 21.2 Напряжения

U _{obj}	Вычисленное выходное напряжение камеры для черного тела с температурой T _{obj} , т.е. напряжение, которое может быть преобразовано непосредственно в действительную температуру интересуемого объекта.
U _{tot}	Измеренное выходное напряжение камеры для данного случая.

U _{refl}	Теоретическое выходное напряжение камеры для черного тела с температурой Т _{геfl} согласно калибровке.
U _{atm}	Теоретическое выходное напряжение камеры для черного тела с температурой Т _{аtm} согласно калибровке.

Оператор должен предоставить для вычисления несколько значений параметров:

- излучательная способность объекта є;
- относительная влажность:
- T_{atm}
- расстояние до объекта (D_{obi});
- (эффективная) температура окружающей среды объекта или отраженная температура сторонних объектов Т_{refl};
- температура атмосферы Т_{atm}.

Эта задача иногда может оказаться трудновыполнимой для оператора, поскольку в конкретном случае обычно не существует простых способов получения точных значений излучательной способности и коэффициента пропускания атмосферы. Получение этих двух температур обычно не составляет сложностей, если окружающая среда не содержит больших и сильных источников излучения.

В этой связи возникает естественный вопрос: насколько важным является получение правильных значений этих параметров? Чтобы уже здесь ощутить эту проблему, представляется интересным рассмотреть некоторые различные случаи измерений и сравнить относительные величины трех слагаемых излучения. Это поможет ответить на вопрос о том, где важно использовать точные значения тех или иных параметров.

На приведенных ниже рисунках представлены относительные величины трех слагаемых излучения для трех различных температур объекта, двух значений излучательной способности и двух спектральных диапазонов: SW и LW. Остальные параметры имеют следующие фиксированные значения:

- T = 0.88
- $T_{rofl} = +20^{\circ}C$
- $T_{atm} = +20^{\circ}C$

Является очевидным, что измерение низких температур объекта является более критичным нежели измерение высоких температур, поскольку в первом случае «возмущающие» источники излучения имеют сравнительно большее воздействие. Если при этом излучательная способность объекта низкая, то ситуация еще более осложняется.

В завершение мы должны рассмотреть вопрос о важности получения возможности использовать кривую калибровки выше наивысшей точки калибровки, что называется экстраполяцией. Предположим, что в определенном случае в результате измерения мы получаем $U_{tot} = 4,5$ вольт. Максимальная точка калибровки для камеры была порядка 4,1 вольт; измеренное значение неизвестно оператору. Таким образом, даже если объектом является черное тело, т.е. $U_{obj} = U_{tot}$, мы фактически выполняем экстраполяцию кривой калибровки при преобразовании 4,5 вольт в значение температуры.

Теперь предположим, что объект не является черным и имеет излучательную способность (коэффициент излучения) 0,75, а коэффициент пропускания равен 0,92. Предположим также, что два последних слагаемых уравнения 4 вместе составляют 0,5 вольт. Вычислив $U_{\rm obj}$ через уравнение 4, получаем $U_{\rm obj}=4,5/0,75/0,92-0,5=6,0$. Эта экстраполяция является довольно рискованной, особенно если учесть, что видеоусилитель может ограничивать выход до 5 вольт! Однако следует отметить, что применение кривой калибровки является теоретической процедурой, при которой не существует электронных или иных ограничений. Можно с уверенностью утверждать, что если бы не существовало ограничений на сигнал в камере и если бы значение калибровки камеры намного превышало 5 вольт, полученная в результате кривая в значительной степени совпадала бы с нашей реальной кривой, экстраполированной на значения выше 4,1 вольта, при условии, что алгоритм калибровки основан на физике процесса излучения, как и алгоритм FLIR Systems. Но, конечно, для таких экстраполяций должно существовать ограничение.

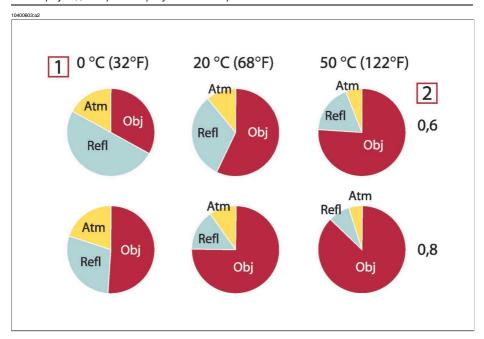


Рисунок 21.3 Относительные величины источников излучения при различных условиях измерений (SW-камера). 1: Температура объекта; **2:** Светимость; **Obj:** Излучение объекта; **Refl:** Отраженное излучение; **Atm:** излучение атмосферы. Фиксированные параметры: $\tau = 0.88$; $T_{refl} = 20^{\circ}C$; $T_{atm} = 20^{\circ}C$.

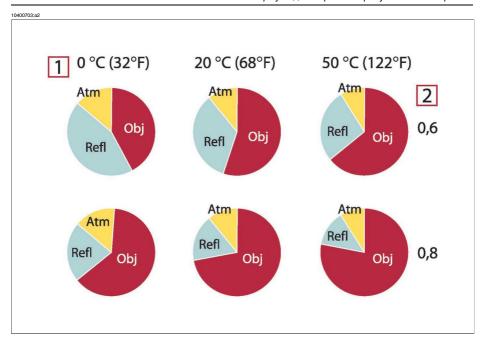


Рисунок 21.4 Относительные величины источников излучения при различных условиях измерений (LW-камера). 1: Температура объекта; **2:** Светимость; **Obj:** Излучение объекта; **Refl:** Отраженное излучение; **Atm:** излучение атмосферы. Фиксированные параметры: $\tau = 0.88$; $T_{refl} = 20^{\circ}C$; $T_{atm} = 20^{\circ}C$.

22 Таблицы коэффициентов излучения

В данном разделе представлены сводные данные по коэффициенту излучения, полученные из литературы по ИК-технике, а также по результатам измерений, выполненных компанией FLIR Systems.

22.1 Список литературы

1	Mikaél A. Bramson: <i>Infrared Radiation, A Handbook for Applications</i> , Plenum press, N.Y.
2	William L. Wolfe, George J. Zissis: <i>The Infrared Handbook</i> , Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3	Madding, R. P.: Thermographic Instruments and systems. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin – Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4	William L. Wolfe: <i>The Infrared Handbook</i> , Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5	Jones, Smith, Probert: External thermography of buildings, Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, June 1977 London.
6	Paljak, Pettersson: <i>Thermography of Buildings</i> , Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.
7	VIcek, J: Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at $\lambda = 5 \ \mu m$. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8	Kern: Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites, Defence Documentation Center, AD 617 417.
9	Öhman, Claes: Emittansmätningar med AGEMA E-Box. Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emittance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)
10	Matteï, S., Tang-Kwor, E: Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between –36°C AND 82°C.
11	Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12	Техническая публикация ITC 32.
13	Техническая публикация ITC 29.

22.2 Важное примечание по таблицам коэффициентов излучения

Значения коэффициента излучения в таблице приведены для коротковолновой (SW) камеры. Данные носят только рекомендательный характер и должны применяться с необходимой мерой предосторожности.

22.3 Таблицы

Рисунок 22.1 Т: Полный спектр; **SW:** 2–5 мкм; **LW:** 8–14 мкм; **LLW:** 6,5–20 мкм; **1:** Материал; **2:** Описание; **3:** Температура, °C; **4:** Спектр; **5:** Коэффициент излучения **6:** Ссылка на источник

1	2	3	4	5	6
Krylon сверхглад- кий, черный 1602	Гладкий, черный	Комнатная температура до 175	LW	Ок. 0,96	12
Krylon сверхглад- кий, черный 1602	Гладкий, черный	Комнатная температура до 175	MW	Ок. 0,97	12
Nextel Velvet 811- 21 черный	Гладкий, черный	-60-150	LW	> 0.97	10 и 11
Алюминиевая бронза		20	Т	0,60	1
Алюминий	анодированный, светло-серый, тусклый	70	LW	0,97	9
Алюминий	анодированный, светло-серый, тусклый	70	SW	0,61	9
Алюминий	анодированный, черный, тусклый	70	LW	0,95	9
Алюминий	анодированный, черный, тусклый	70	sw	0,67	9
Алюминий	анодированный лист	100	Т	0,55	2
Алюминий	без обработки, лист	100	Т	0,09	2
Алюминий	без обработки, пластина	100	Т	0,09	4
Алюминий	лист, 4 образца с царапинами раз- личного вида	70	LW	0,03-0,06	9

1	2	3	4	5	6
Алюминий	лист, 4 образца с царапинами раз- личного вида	70	SW	0,05–0,08	9
Алюминий	напыленный в вакууме	20	Т	0,04	2
Алюминий	обработанная начерно поверхность	27	3 мкм	0,28	3
Алюминий	обработанная начерно поверхность	27	10 мкм	0,18	3
Алюминий	отливка, песко- струйная очистка	70	LW	0,46	9
Алюминий	отливка, песко- струйная очистка	70	SW	0,47	9
Алюминий	погруженная в HNO ₃ , пластина	100	Т	0,05	4
Алюминий	подвергшийся сильным атмо- сферным воздей- ствиям	17	SW	0,83-0,94	5
Алюминий	полированная пластина	100	Т	0,05	4
Алюминий	полированный	50–100	Т	0,04-0,06	1
Алюминий	полированный, лист	100	Т	0,05	2
Алюминий	сильно окислен- ный	50–500	Т	0,2-0,3	1
Алюминий	фольга	27	3 мкм	0,09	3
Алюминий	фольга	27	10 мкм	0,04	3
Алюминий	шероховатая по- верхность	20–50	Т	0,06-0,07	1
Асбест	бумага	40–400	Т	0,93–0,95	1
Асбест	доска	20	Т	0,96	1
Асбест	половая плитка	35	SW	0,94	7
Асбест	порошок		Т	0,40-0,60	1

1	2	3	4	5	6
Асбест	ткань		Т	0,78	1
Асбест	шифер	20	Т	0,96	1
Асфальтовое по- крытие		4	LLW	0,967	8
Бетон		20	Т	0,92	2
Бетон	покрытие дорож- ки	5	LLW	0,974	8
Бетон	сухой	36	SW	0,95	7
Бетон	шероховатый	17	SW	0,97	5
Бронза	полированный	50	Т	0,1	1
Бронза	пористая, необра- ботанная	50–150	Т	0,55	1
Бронза	порошок		Т	0,76–0,80	1
Бронза	фосфористая бронза	70	LW	0,06	9
Бронза	фосфористая бронза	70	SW	0,08	9
Бумага	4 различных цве- та	70	LW	0,92–0,94	9
Бумага	4 различных цве- та	70	SW	0,68-0,74	9
Бумага	белая, 3 различ- ных глянца	70	LW	0,88–0,90	9
Бумага	белая, 3 различ- ных глянца	70	SW	0,76–0,78	9
Бумага	белая документ- ная	20	Т	0,93	2
Бумага	белый	20	Т	0,7–0,9	1
Бумага	желтая		Т	0,72	1
Бумага	зеленая		Т	0,85	1
Бумага	красная		Т	0,76	1
Бумага	покрытая черным лаком		Т	0,93	1

1	2	3	4	5	6
Бумага	темно-синяя		Т	0,84	1
Бумага	черная		Т	0,90	1
Бумага	черный, тусклый		Т	0,94	1
Бумага	черный, тусклый	70	LW	0,89	9
Бумага	черный, тусклый	70	SW	0,86	9
Вода	дистилированная	20	Т	0,96	2
Вода	кристаллы измо- рози	-10	Т	0,98	2
Вода	слой толщиной >0,1 мм	0–100	Т	0,95–0,98	1
Вода	снег		Т	0,8	1
Вода	снег	-10	Т	0,85	2
Вода	снег, гладкий	-10	Т	0,96	2
Вода	снег, гладкий	0	Т	0,97	1
Вода	снег, покрытый толстой коркой	0	Т	0,98	1
Вольфрам		200	Т	0,05	1
Вольфрам		600–1000	Т	0,1–0,16	1
Вольфрам		1500–2200	Т	0,24–0,31	1
Вольфрам	нить	3300	Т	0,39	1
Гидроокись алю- миния	порошок		Т	0,28	1
Гипс		20	Т	0,8-0,9	1
Гипс штукатур- ный	шероховатый, с известью	10–90	Т	0,91	1
Глина	обожженная	70	Т	0,91	1
Гранит	полированный	20	LLW	0,849	8
Гранит	шероховатый	21	LLW	0,879	8
Гранит	шероховатый, 4 различных образ- ца	70	LW	0,77–0,87	9

1	2	3	4	5	6
Гранит	шероховатый, 4 различных образ- ца	70	SW	0,95–0,97	9
Гудрон			Т	0,79–0,84	1
Гудрон	бумага	20	Т	0,91–0,93	1
Двуокись меди	порошок		Т	0,84	1
Древесина		17	SW	0,98	5
Древесина		19	LLW	0,962	8
Древесина	белая, влажная	20	Т	0,7–0,8	1
Древесина	древесная масса		Т	0,5–0,7	1
Древесина	сосна, 4 различ- ных образца	70	LW	0,81–0,89	9
Древесина	сосна, 4 различ- ных образца	70	SW	0,67–0,75	9
Древесина	строганая доска из дуба	20	Т	0,90	2
Древесина	строганая доска из дуба	70	LW	0,88	9
Древесина	строганая доска из дуба	70	SW	0,77	9
Древесина	строганый пило- материал	20	Т	0,8–0,9	1
Древесина	фанера, гладкая, сухая	36	SW	0,82	7
Древесина	фанера, необра- ботанная	20	SW	0,83	6
Древесново- локнистая плита	древесностружеч- ная плита	70	LW	0,89	9
Древесново- локнистая плита	древесностружеч- ная плита	70	SW	0,77	9
Древесново- локнистая плита	мазонит	70	LW	0,88	9
Древесново- локнистая плита	мазонит	70	sw	0,75	9

1	2	3	4	5	6
Древесново- локнистая плита	пористая, необра- ботанная	20	SW	0,85	6
Древесново- локнистая плита	твердая, необра- ботанная	20	SW	0,85	6
Железо и сталь	блестящий оксид- ный слой, лист	20	Т	0,82	1
Железо и сталь	горячекатная	20	Т	0,77	1
Железо и сталь	горячекатная	130	Т	0,60	1
Железо и сталь	катаная листовая	50	Т	0,56	1
Железо и сталь	лист заземления	950–1100	Т	0,55–0,61	1
Железо и сталь	обработанная под давлением, тщательно отпо- лированная	40–250	Т	0,28	1
Железо и сталь	окисленная	100	Т	0,74	1
Железо и сталь	окисленная	100	Т	0,74	4
Железо и сталь	окисленная	125–525	Т	0,78-0,82	1
Железо и сталь	окисленная	200	Т	0,79	2
Железо и сталь	окисленная	200–600	Т	0,80	1
Железо и сталь	окисленная	1227	Т	0,89	4
Железо и сталь	отполированная, подвергшаяся травлению	150	Т	0,16	1
Железо и сталь	покрытая рыжей ржавчиной	20	Т	0,61–0,85	1
Железо и сталь	покрытый рыжей ржавчиной лист	22	Т	0,69	4
Железо и сталь	полированный	100	Т	0,07	2
Железо и сталь	полированный	400–1000	Т	0,14-0,38	1
Железо и сталь	полированный лист	750–1050	Т	0,52–0,56	1
Железо и сталь	ржавая, рыжего цвета	20	Т	0,69	1
Железо и сталь	свежекатаная	20	Т	0,24	1

1	2	3	4	5	6
Железо и сталь	свежеобработан- ная наждаком	20	Т	0,24	1
Железо и сталь	сильно заржавев- ший лист	20	Т	0,69	2
Железо и сталь	сильно окислен- ная	50	Т	0,88	1
Железо и сталь	сильно окислен- ная	500	Т	0,98	1
Железо и сталь	с сильной ржав- чиной	17	SW	0,96	5
Железо и сталь	холоднокатная	70	LW	0,09	9
Железо и сталь	холоднокатная	70	SW	0,20	9
Железо и сталь	шероховатая плоская поверх- ность	50	Т	0,95–0,98	1
Железо и сталь	электролитиче- ская	22	Т	0,05	4
Железо и сталь	электролитиче- ская	100	Т	0,05	4
Железо и сталь	электролитиче- ская	260	Т	0,07	4
Железо и сталь	электролитиче- ская, тщательно отполированная	175–225	Т	0,05–0,06	1
Железо оцинко- ванное	лист	92	Т	0,07	4
Железо оцинко- ванное	лист, окисленный	20	Т	0,28	1
Железо оцинко- ванное	лист, полирован- ный	30	Т	0,23	1
Железо оцинко- ванное	сильно окислен- ное	70	LW	0,85	9
Железо оцинко- ванное	сильно окислен- ное	70	SW	0,64	9

1	2	3	4	5	6
Золото	отполированная до зеркального блеска	100	Т	0,02	2
Золото	полированный	130	Т	0,018	1
Золото	тщательно отпо- лированное	200–600	Т	0,02-0,03	1
Известь			Т	0,3–0,4	1
Кирпич	водостойкий	17	sw	0,87	5
Кирпич	глинозем	17	sw	0,68	5
Кирпич	Динасовый огне- упор	1000	Т	0,66	1
Кирпич	Динасовый огне- упор, глазуриро- ванный, шерохо- ватый	1100	Т	0,85	1
Кирпич	Динасовый огне- упор, неглазури- рованный, шеро- ховатый	1000	Т	0,80	1
Кирпич	каменная кладка	35	sw	0,94	7
Кирпич	каменная кладка, покрытая штука- туркой	20	Т	0,94	1
Кирпич	красный, обыкно- венный	20	Т	0,93	2
Кирпич	красный, шерохо- ватый	20	Т	0,88-0,93	1
Кирпич	кремнезем, 95% SiO ₂	1230	Т	0,66	1
Кирпич	обыкновенный	17	SW	0,86-0,81	5
Кирпич	огнеупорная гли- на	20	Т	0,85	1
Кирпич	огнеупорная гли- на	1000	Т	0,75	1
Кирпич	огнеупорная гли- на	1200	Т	0,59	1

1	2	3	4	5	6
Кирпич	огнеупорный, ко- рунд	1000	Т	0,46	1
Кирпич	огнеупорный, магнезитовый	1000–1300	Т	0,38	1
Кирпич	огнеупорный, сильно излучаю- щий	500–1000	Т	0,8–0,9	1
Кирпич	огнеупорный, слабо излучаю- щий	500–1000	Т	0,65-0,75	1
Кирпич	силлиманит, 33% SiO ₂ , 64% Al ₂ O ₃	1500	Т	0,29	1
Кирпич	шамотный кир- пич	17	sw	0,68	5
Кожа	загорелая		Т	0,75-0,80	1
Кожа	человека	32	Т	0,98	2
Краска	8 различных цветов и различного качества	70	LW	0,92-0,94	9
Краска	8 различных цветов и различного качества	70	sw	0,88-0,96	9
Краска	Алюминий, раз- личный возраст	50–100	Т	0,27-0,67	1
Краска	кадмий, желтый		Т	0,28-0,33	1
Краска	кобальт, синий		Т	0,7–0,8	1
Краска	масляная	17	SW	0,87	5
Краска	масляная, различ- ные цвета	100	Т	0,92-0,96	1
Краска	масляная, серая блестящая по- верхность	20	sw	0,96	6
Краска	масляная, серая плоская поверх- ность	20	sw	0,97	6

1	2	3	4	5	6
Краска	масляная, черная блестящая по- верхность	20	SW	0,92	6
Краска	масляная, черная плоская поверхность	20	SW	0,94	6
Краска	на основе масла, в среднем 16 цветов	100	Т	0,94	2
Краска	пластик, белый	20	SW	0,84	6
Краска	пластик, черный	20	SW	0,95	6
Краска	хром, зеленый		Т	0,65-0,70	1
Лак	3-цветное распыление на алюминий	70	LW	0,92-0,94	9
Лак	3-цветное распыление на алюминий	70	SW	0,50-0,53	9
Лак	Алюминий на шероховатой поверхности	20	Т	0,4	1
Лак	бакелит	80	Т	0,83	1
Лак	белый	40–100	Т	0,8–0,95	1
Лак	белый	100	Т	0,92	2
Лак	на паркетном по- лу из дуба	70	LW	0,90-0,93	9
Лак	на паркетном по- лу из дуба	70	SW	0,90	9
Лак	на плоской по- верхности	20	SW	0,93	6
Лак	теплостойкий	100	Т	0,92	1
Лак	черный, блестя- щий, набрызган- ный на железо	20	Т	0,87	1
Лак	черный, матовый	100	Т	0,97	2
Лак	черный, тусклый	40–100	Т	0,96-0,98	1

1	2	3	4	5	6
Латунь	листовая, катаная	20	Т	0,06	1
Латунь	листовая, обрабо- танная наждаком	20	Т	0,2	1
Латунь	обработанная наждаком с зернистостью 80	20	Т	0,20	2
Латунь	окисленная	70	SW	0,04-0,09	9
Латунь	окисленная	70	LW	0,03-0,07	9
Латунь	окисленная	100	Т	0,61	2
Латунь	окисленная при 600°C	200–600	Т	0,59–0,61	1
Латунь	отполированная до зеркального блеска	100	Т	0,03	2
Латунь	полированный	200	Т	0,03	1
Латунь	тусклая, матиро- ванная	20–350	Т	0,22	1
Лед: см, Вода					
Луженое железо	лист	24	Т	0,064	4
Магний		22	Т	0,07	4
Магний		260	Т	0,13	4
Магний		538	Т	0,18	4
Магний	полированный	20	Т	0,07	2
Масло смазочное	0,025-мм пленка	20	Т	0,27	2
Масло смазочное	0,050-мм пленка	20	Т	0,46	2
Масло смазочное	0,125-мм пленка	20	Т	0,72	2
Масло смазочное	пленка на Ni-под- ложке: только Ni- подложка	20	Т	0,05	2
Масло смазочное	толстый слой	20	Т	0,82	2
Медь	механически от- полированная	22	Т	0,015	4
Медь	окисленная	50	Т	0,6–0,7	1

1	2	3	4	5	6
Медь	окисленная, чер- ная	27	Т	0,78	4
Медь	окисленная до черного цвета		Т	0,88	1
Медь	полированная, технически чи- стая	27	Т	0,03	4
Медь	полированный	50–100	Т	0,02	1
Медь	полированный	100	Т	0,03	2
Медь	расплавленная	1100–1300	Т	0,13–0,15	1
Медь	сильно окислен- ная	20	Т	0,78	2
Медь	технически чи- стая, полирован- ная	20	Т	0,07	1
Медь	чистая, тщательно отполированная поверхность	22	Т	0,008	4
Медь	шаброванная	27	Т	0,07	4
Медь	электролитиче- ская, полирован- ная	-34	Т	0,006	4
Медь	электролитиче- ская, тщательно отполированная	80	Т	0,018	1
Молибден		600–1000	Т	0,08-0,13	1
Молибден		1500–2200	Т	0,19–0,26	1
Молибден	нить	700–2500	Т	0,1-0,3	1
Наждак	грубый	80	Т	0,85	1
Нержавеющая сталь	катаный	700	Т	0,45	1
Нержавеющая сталь	лист, необрабо- танный, слегка поцарапанный	70	LW	0,28	9

1	2	3	4	5	6
Нержавеющая сталь	лист, необрабо- танный, слегка поцарапанный	70	sw	0,30	9
Нержавеющая сталь	лист, полирован- ный	70	LW	0,14	9
Нержавеющая сталь	лист, полирован- ный	70	SW	0,18	9
Нержавеющая сталь	обработанный пескоструйной установкой	700	Т	0,70	1
Нержавеющая сталь	сплав, 8% Ni, 18% Cr	500	Т	0,35	1
Нержавеющая сталь	тип 18-8, окислен- ная при 800°C	60	Т	0,85	2
Нержавеющая сталь	тип 18-8, отполированная на круге	20	Т	0,16	2
Никель	окисленная	200	Т	0,37	2
Никель	окисленная	227	Т	0,37	4
Никель	окисленная	1227	Т	0,85	4
Никель	окисленная при 600°C	200–600	Т	0,37–0,48	1
Никель	полированный	122	Т	0,045	4
Никель	провод	200–1000	Т	0,1-0,2	1
Никель	технически чи- стый, полирован- ный	100	Т	0,045	1
Никель	технически чи- стый, полирован- ный	200–400	Т	0,07-0,09	1
Никель	чистый матиро- ванный	122	Т	0,041	4
Никель	электролитиче- ская	22	Т	0,04	4
Никель	электролитиче- ская	38	Т	0,06	4

1	2	3	4	5	6
Никель	электролитиче- ская	260	Т	0,07	4
Никель	электролитиче- ская	538	Т	0,10	4
Никель	электроосажден- ный, полирован- ный	20	Т	0,05	2
Никель	электроосажденный на железо, неполированный	20	Т	0,11–0,40	1
Никель	электроосажденный на железо, неполированный	22	Т	0,11	4
Никель	электроосажденный на железо, полированный	22	Т	0,045	4
Нихром	катаный	700	Т	0,25	1
Нихром	обработанный пескоструйной установкой	700	Т	0,70	1
Нихром	провод, окислен- ный	50–500	Т	0,95–0,98	1
Нихром	провод, чистый	50	Т	0,65	1
Нихром	провод, чистый	500–1000	Т	0,71–0,79	1
Обои	малозаметный рисунок, крас- ные	20	SW	0,90	6
Обои	малозаметный рисунок, светло- серые	20	SW	0,85	6
Одежда	черная	20	Т	0,98	1
Оксид алюминия	активированный, порошок		Т	0,46	1
Оксид алюминия	беспримесный, порошок (глино- зем)		Т	0,16	1

1	2	3	4	5	6
Оксид меди	красного цвета, порошок		Т	0,70	1
Оксид никеля		500–650	Т	0,52-0,59	1
Оксид никеля		1000–1250	Т	0,75-0,86	1
Олово	луженое листо- вое железо	100	Т	0,07	2
Олово	отполированное	20–50	Т	0,04-0,06	1
Пенопласт	изоляция	37	SW	0,60	7
Песок			Т	0,60	1
Песок		20	Т	0,90	2
Песчаник	полированный	19	LLW	0,909	8
Песчаник	шероховатый	19	LLW	0,935	8
Пластик	поливинилхлорид, пластиковый пол, тусклый, структурированный	70	LW	0,93	9
Пластик	поливинилхлорид, пластиковый пол, тусклый, структурированный	70	SW	0,94	9
Пластик	полиуретановая изоляционная плита (фриголит)	70	LW	0,55	9
Пластик	полиуретановая изоляционная плита (фриголит)	70	SW	0,29	9
Пластик	стеклотекстолит (печатная плита)	70	LW	0,91	9
Пластик	стеклотекстолит (печатная плита)	70	SW	0,94	9
Платина		17	Т	0,016	4
Платина		22	Т	0,03	4
Платина		100	Т	0,05	4

1	2	3	4	5	6
Платина		260	Т	0,06	4
Платина		538	Т	0,10	4
Платина		1000–1500	Т	0,14–0,18	1
Платина		1094	Т	0,18	4
Платина	лента	900–1100	Т	0,12–0,17	1
Платина	провод	50–200	Т	0,06–0,07	1
Платина	провод	500–1000	Т	0,10–0,16	1
Платина	провод	1400	Т	0,18	1
Платина	чистая, полиро- ванная	200–600	Т	0,05–0,10	1
Плита из прессо- ванных опилок	необработанная	20	sw	0,90	6
Порошок магния			Т	0,86	1
Почва	насыщенная во- дой	20	Т	0,95	2
Почва	сухой	20	Т	0,92	2
Резина	мягкая, серая, шероховатая	20	Т	0,95	1
Резина	твердая	20	Т	0,95	1
Свинец	блестящий	250	Т	0,08	1
Свинец	неокисленный, полированный	100	Т	0,05	4
Свинец	окисленная при 200°C	200	Т	0,63	1
Свинец	окисленный, се- рый	20	Т	0,28	1
Свинец	окисленный, се- рый	22	Т	0,28	4
Свинцовый су- рик		100	Т	0,93	4
Свинцовый су- рик, порошок		100	Т	0,93	1
Серебро	полированный	100	Т	0,03	2

1	2	3	4	5	6
Серебро	чистая, полиро- ванная	200–600	Т	0,02-0,03	1
Снег: см. Вода					
Строительный раствор		17	SW	0,87	5
Строительный раствор	сухой	36	SW	0,94	7
Тип 3М, 35	Виниловая изоля- ционная лента (несколько цве- тов)	< 80	LW	Ок. 0,96	13
Тип 3М, 88	Черная винило- вая изоляцион- ная лента	< 105	LW	Ок. 0,96	13
Тип 3М, 88	Черная винило- вая изоляцион- ная лента	< 105	MW	< 0.96	13
Тип 3M, Super 33+	Черная винило- вая изоляцион- ная лента	< 80	LW	Ок. 0,96	13
Титан	окисленная при 540°C	200	Т	0,40	1
Титан	окисленная при 540°C	500	Т	0,50	1
Титан	окисленная при 540°C	1000	Т	0,60	1
Титан	полированный	200	Т	0,15	1
Титан	полированный	500	Т	0,20	1
Титан	полированный	1000	Т	0,36	1
Углерод	графит, поверх- ность, обработан- ная напильником	20	Т	0,98	2
Углерод	графитовый по- рошок		Т	0,97	1
Углерод	ламповая копоть	20–400	Т	0,95–0,97	1

1	2	3	4	5	6
Углерод	порошок древес- ного угля		Т	0,96	1
Углерод	сажа от свечи	20	Т	0,95	2
Фарфор	белый, блестя- щий		Т	0,70–0,75	1
Фарфор	покрытый глазу- рью	20	Т	0,92	1
Хром	полированный	50	Т	0,10	1
Хром	полированный	500–1000	Т	0,28-0,38	1
Цинк	лист	50	Т	0,20	1
Цинк	окисленная по- верхность	1000–1200	Т	0,50-0,60	1
Цинк	окисленная при 400°C	400	Т	0,11	1
Цинк	полированный	200–300	Т	0,04-0,05	1
Черепица	покрытый глазу- рью	17	SW	0,94	5
Чугун	болванки	1000	Т	0,95	1
Чугун	в виде отливки	50	Т	0,81	1
Чугун	в расплавленном виде	1300	Т	0,28	1
Чугун	необработанный	900–1100	Т	0,87–0,95	1
Чугун	обработанный	800–1000	Т	0,60-0,70	1
Чугун	окисленная	38	Т	0,63	4
Чугун	окисленная	100	Т	0,64	2
Чугун	окисленная	260	Т	0,66	4
Чугун	окисленная	538	Т	0,76	4
Чугун	окисленная при 600°C	200–600	Т	0,64-0,78	1
Чугун	полированный	38	Т	0,21	4
Чугун	полированный	40	Т	0,21	2
Чугун	полированный	200	Т	0,21	1

1	2	3	4	5	6
Шлак	котла	0–100	Т	0,97–0,93	1
Шлак	котла	200–500	Т	0,89-0,78	1
Шлак	котла	600–1200	Т	0,76-0,70	1
Шлак	котла	1400–1800	Т	0,69-0,67	1
Штукатурка		17	SW	0,86	5
Штукатурка	намет штукатурки шероховатый	20	Т	0,91	2
Штукатурка	штукатурная пли- та, необработан- ная	20	SW	0,90	6
Эбонит			Т	0,89	1
Эмаль		20	Т	0,9	1
Эмаль	лак	20	Т	0,85-0,95	1

A note on the technical production of this publication

This publication was produced using XML—the eXtensible Markup Language. For more information about XML, please visit http://www.w3.org/XML/

A note on the typeface used in this publication

This publication was typeset using Swiss 721, which is Bitstream's pan-European version of the Helvetica™ typeface. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980).

List of effective files

20235111.xml a15 20235211.xml a10 20235311.xml a11 20236711.xml a23 20237111.xml a11 20238511.xml a8 20238711.xml a7 20250411.xml a18 20254903.xml a74 20257011.xml a22 20257111.xml a7 20257311.xml a15 20279811.xml a7 20281011.xml a3 20287311.xml a4 20287711.xml a5

20287811.xml a4 20287911.xml a1

20288011.xml a3 20288111.xml a3

20288211.xml a4 20288311.xml a2 20288411.xml a5

20288511.xml a4 20292411.xml a2 R136.rcp a2

config.xml a5



Corporate Headquarters FLIR Systems, Inc. 27700 SW Parkway Avenue Wilsonville, OR 97070 USA Telephone: +1-800-727-3547 Website: http://www.flir.com